MINÉRALOGIE
GÉOLOGIE
ET
BOTANIQUE

Quum ex Seminarii præscripto recognitum fuerit opus cui titulus est : ELÉMENTS DE MINÉRALOGIE, DE GÉOLOGIE ET DE BOTANIQUE, *par l'abbé J.-C.-K. Laflamme,*" nihil obstat quin typis mandetur.

THOS.-E. HAMEL, A.M.,
Rector U. L.

Quebeci, 15 martii, A.D. 1885.

ÉLÉMENTS

DE

MINÉRALOGIE

DE

GÉOLOGIE

ET DE

BOTANIQUE

PAR

L'abbé J.-C.-K. LAFLAMME, A.M., S.T.D.

Membre de la Société Géologique de France et de la Société Royale du Canada,
Professeur de Minéralogie et de Géologie à l'Université Laval.

J.-A. LANGLAIS, Libraire-Editeur,
177, rue St-Joseph, St-Roch
1885

QE28
L16
1885

Enregistré conformément à l'Acte du Parlement du Canada, en l'année 1885, par l'abbé J.-C.-K. LAFLAMME, au bureau du Ministre d'Agriculture, à Ottawa.

Imprimé par P.-G. DELISLE, Québec.

PREFACE DE LA SECONDE EDITION.

Nous ne saurions mieux commencer, croyons-nous, la seconde édition de nos Eléments de Minéralogie, qu'en répétant les quelques paroles que nous écrivions en tête de la première édition, et qui font exactement connaître le but que nous n'avons cessé de poursuivre.

" Faciliter, disions-nous, l'étude de la Minéralogie et de la Géologie aux élèves de nos maisons d'éducation, la leur rendre plus utile, plus pratique, plus attrayante, tel a été l'unique objet que nous nous sommes proposé dans la rédaction de ce petit ouvrage. Il nous a semblé que ces deux sciences, étudiées en rapport avec les ressources minérales de notre province, gagneraient en intérêt et en importance dans l'esprit des élèves eux-mêmes.

" Ce point de vue particulier explique pourquoi nous n'avons pas cru devoir donner à certaines parties de la Minéralogie et de la Géologie, tout le développement qu'aurait exigé un traité plus étendu. Ainsi, il nous a fallu nous restreindre à la description d'un petit nombre d'espèces minérales, et, dans la Géologie historique, l'étude des fossiles est très raccourcie. Nous n'avons pas cru qu'il était possible d'exiger davantage d'élèves, qui, dans tout leur cours classique, peuvent à peine consacrer quelques semaines à l'étude des sciences naturelles.

" Ceux qui désireraient compléter leurs connaissances minéralogiques, trouveront dans les auteurs que nous énumérons plus loin et auxquels nous avons largement emprunté, les détails les plus circonstanciés et les plus intéressants sur les points, hélas ! trop nombreux, que nous n'avons fait qu'effleurer."

Dans cette seconde édition, nous avons remanié à peu près complètement la Géologie historique. A mesure que les observations se multiplient et se complètent, la nomenclature doit nécessairement se transformer. Cependant, il y a certaines modifications que nous n'avons pas regardées comme assez définitives pour en tenir compte actuellement. Il serait imprudent d'exposer à de jeunes élèves des

systèmes qu'ils ne sont pas en mesure de contrôler, ni même de comprendre parfaitement.

A la demande de plusieurs de nos collègues dans l'enseignement, nous avons complété notre œuvre en y ajoutant quelques notes de Botanique.

Pour cette science encore plus que pour la Minéralogie et la Géologie, nous nous sommes arrêtés exclusivement aux notions les plus générales. Il eut été inutile d'ailleurs d'élargir davantage notre cadre. Les élèves qui désireront pousser plus loin leurs études de Botanique, n'auront qu'à consulter les excellents traités de Monsieur l'abbé Provancher et de l'abbé Moyen qui sont recommandables à tous les points de vue.

Pour nous, nous avons simplement voulu mettre entre les mains des étudiants un manuel qui renfermât avant tout, les réponses aux différentes questions contenues dans le programme du baccalauréat dans la Faculté des arts de l'Université Laval. Ce programme, préparé et approuvé par des délégués des collèges affiliés à l'Université Laval, est, pour ainsi dire, l'expression officielle de ce que l'on désire voir enseigner dans les différentes branches des sciences naturelles qu'il embrasse.

D'ailleurs nous osons nous flatter que ces quelques

notes, considérées indépendamment de tout programme officiel, seront suffisantcs pour donner à tout lecteur des connaissances générales assez complètes sur ces trois parties de l'histoire naturelle. Qui sait même si elles ne pourront pas inspirer le goût de poursuivre davantage ces études à la fois si intéressantes et si utiles ?

Nos vignettes, gravées par M. P.-G. Delisle, sont empruntées en partie aux ouvrages dont nous donnons plus loin la liste. Plusieurs d'entre elles, en Minéralogie et en Géologie, et surtout la plupart de celles qui ont rapport à l'histologie végétale, sont inédites et ont été dessinées par nous d'après nature.

L'abbé J.-C.-K. LAFLAMME.

Québec, 19 mars 1885.

OUVRAGES A CONSULTER.

Minéralogie, par F.-S. Beudant.

Géologie, par F.-S. Beudant.

Traité élémentaire de Minéralogie, par M. F. Pisani.

Traité de Minéralogie, par M. A. de Lapparent.

La terre avant le déluge, par M. L. Figuier.

La terre et les mers, par M. L. Figuier.

Etudes synthétiques de Géologie expérimentale, par M. A. Daubrée.

A text book of Mineralogy, by M. E. Dana.

A system of Mineralogy, by M. J.-D. Dana.

Determinative Mineralogy and blowpipe, by M. Brush.

Traité de Géologie, par M. A. de Lapparent.

Manual of Geology, by M. J.-D. Dana.

Rocks classified and described, by Von Cotta.

The study of rocks, by M. Rutley.

Rapports de la Commission géologique du Canada.

Elements of Geology, by M. J. Le Conte.

Principles of Geology, by C. Lyell.

Azoïc rocks, by Dr T.-S. Hunt.

Chemical and Geological essays, by Dr T.-S. Hunt.

Minerals of central Canada, by M. J.-E. Chapman.

The story of the earth and man, by Dr Dawson.

Acadian Geology, by Dr Dawson.

Manual of Paleontology, by M. A. Nicholson.

Traité de Botanique, par Van Tieghem.

Traité élémentaire de Botanique, par M. l'abbé L. Provancher.

Cours élémentaire de Botanique, par l'abbé J. Moyen.

Manual of Botany, by A. Gray.

Traité de Botanique, par A. Richard.

Nous recommandons tout particulièrement les ouvrages de MM. Pisani, Daubrée, de Lapparent, E. Dana, J.-D. Dana, Brush, Hunt, Dawson, Chapman, Van Tieghem, Provancher, Moyen et Gray.

MINERALOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

La Minéralogie est cette partie des sciences naturelles qui traite des minéraux.

La croûte terrestre nous offre une grande variété de substances minérales. C'est là qu'on trouve tous les *éléments* de la chimie, quelquefois isolés, mais le plus souvent combinés ou mélangés en proportions variables. Etudier les propriétés de ces composés, déterminer ceux qui, grâce à des caractères invariables, constituent des groupes parfaitement distincts, décrire avec soin les espèces minérales, donner les moyens de les distinguer les unes des autres, enfin faire connaître leur mode de gisement, voilà le but général de la minéralogie.

Dans cette partie des sciences naturelles nous n'avons donc pas à étudier l'origine de la croûte terrestre, pas plus que les modifications qu'elle a subies depuis le commencement de son existence. Cette étude est du domaine de la Géologie, et bien que cette dernière puisse être regardée comme une division de la Minéralogie, on est convenu d'en faire un département complètement distinct, une science à part.

Avant de commencer cette étude des minéraux, il convient de définir ce qu'on entend par minéral.

Il est difficile de donner d'un *minéral* autre chose qu'une définition de mot. Nous entendrons donc, dans cet ouvrage, par *minéral:* tout corps à la formation duquel les forces vitales n'ont participé en aucune sorte, ou qui, bien que formé sous l'influence de la vie, a été profondément modifié dans sa constitution par l'action des agents physiques ou chimiques. Cette définition établit la différence qu'il y a entre un minéral et les êtres organisés, entre un minéral et les produits chimiques. Elle a de plus assez d'extension pour comprendre les houilles, les lignites, les gommes fossiles et autres substances d'origine organique trouvées dans le sein de la terre.

Contrairement aux êtres vivants, les minéraux, comme les composés chimiques artificiels, sont homogènes dans toute leur masse, et gardent toujours les mêmes caractères quels que soient leur volume, leur forme, leur âge, etc. Les minéraux ont de telles analogies avec les substances que l'on prépare dans les laboratoires, que la distinction qu'on établit entre ces deux genres de corps est tout à fait arbitraire.

Le carbonate de chaux, par exemple, préparé artificiellement, ne présente pas la plus légère différence avec le carbonate de chaux qu'on rencontre partout dans la nature. De plus, les belles recherches de MM. Daubrée, T. S. Hunt et autres, sur la synthèse de plusieurs espèces minérales, ont prouvé qu'ont peut fabriquer de toutes pièces un grand nombre des minéraux de la nature. Il n'y a donc pas de raisons sérieuses pour que, dans la classification systématique des êtres bruts, on mette d'un côté les composés que nous fournit l'écorce du globe, et de l'autre les produits des laboratoires, vu que la même substance se trouve absolument identique de chaque côté de cette ligne de démarcation.

DIVISIONS.

Entre les différentes manières de diviser la Minéralogie, nous adopterons celle de M. E. Dana ; en conséquence, nous diviserons la Minéralogie en trois parties.

1° La *Minéralogie physique*, qui comprend l'étude de la structure et de la forme des minéraux ainsi que celle des autres propriétés physiques qui servent à la classification et à la distinction des espèces.

2° La *Minéralogie chimique*, ou l'étude des minéraux considérés comme composés chimiques.

3° La *Minéralogie descriptive*, qui comprend les principes de la classification minéralogique, la description des espèces et des variétés.

A ces trois parties nous pourrions en joindre une quatrième qui serait la Minéralogie économique. Elle s'occuperait de l'utilité qu'on peut retirer des minéraux, soit dans la métallurgie, soit dans les arts industriels en général. Nous la laisserons de côté. Mais pour y suppléer, nous indiquerons brièvement, dans la description que nous donnerons des différentes espèces, les principaux usages de chacune d'elles.

LIVRE PREMIER.

MINÉRALOGIE PHYSIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Formes des minéraux et lois cristallographiques.

Les corps, quels qu'ils soient, sont regardés comme composés de parties très petites, distinctes les unes des autres et appelés molécules. Les dernières recherches spectroscopiques de M. N. Lockyer sont venus confirmer les opinions des physiciens qui tendent à regarder les molécules comme n'étant elles-mêmes que des aggrégations de particules, qu'on appelle atomes et qui seraient les éléments des corps.

On admet encore que les molécules matérielles, pour une même substance, ont des formes invariables. Et comme, en se groupant, elles n'obéissent qu'aux lois de l'attraction moléculaire, il est naturel de croire que le groupement se fera souvent avec régularité, surtout s'il est le résultat d'actions peu énergiques,se continuant pendant longtemps. Rien de surprenant alors si nous trouvons d'abord des minéraux à structure capillaire comme l'Asbeste, le Gypse fi-

breux, qui nous montrent l'existence de files moléculaires, première phase du groupement des éléments des corps. Puis, dans le Mica, le Talc, nous trouverons des feuillets séparables les uns des autres et témoignant à leur tour, de l'existence de lames, résultat d'un groupement régulier des files moléculaires. Dans d'autres minéraux,comme le Sel-Gemme, ces files ou ces lames sembleront ne pas exister, mais la présence de certains plans de facile rupture, parfaitement réguliers, nous prouvera encore que le minéral a une structure intérieure régulière. Il en est ainsi pour tous les minéraux à quelques rares exceptions près.

Ces considérations générales sur la structure élémentaire des minéraux nous font prévoir que très souvent ceux-ci devront avoir des formes extérieures régulières. C'est aussi ce qui a lieu, et ces formes ont reçu le nom de formes cristallines.

Cristaux.—*Les cristaux sont des solides à forme géométrique régulière, susceptibles de détermination rigoureuse.* L'étude de ces formes porte le nom de cristallographie. Ces polyèdres sont limités par des faces plus ou moins développées et par des angles dièdres, solides ou plans, invariables.

Le volume des cristaux varie à l'infini. On en trouve de toutes les dimensions depuis les cristaux microscopiques jusqu'aux énormes cristaux, pesant plus de 200 livres, que l'on a trouvés dans les gisements d'Apatite, près d'Ottawa.

Axes.—Pour faciliter l'étude de ces formes on suppose à leur intérieur l'existence de certaines lignes ayant chacune une position déterminée et appe-

lées *axes* de cristallisation. *Un axe est une ligne passant par le centre du cristal et autour de laquelle les faces cristallines sont disposées avec symétrie.* On le définit encore quelquefois : *toute ligne passant par le centre du cristal et aboutissant au milieu de deux faces opposées, de deux arêtes opposées ou à deux pointements*

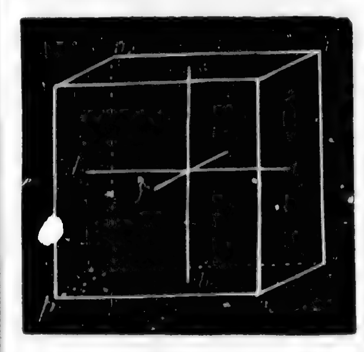


Fig 1. Fig. 2.

opposés. Les lignes *ab*, *cd*, *ef*, (fig. 1) sont des axes. Il en serait de même des directions *mn*, *pr*, *st*, qui joindraient deux pointements opposés.

Dans l'exemple que nous venons de citer, les axes sont tous égaux. Dans certains cas un de ces axes se distingue par des propriétés spéciales, tantôt par une longueur différente des autres, tantôt par certaines propriétés optiques ; on l'appelle pour cela *axe principal.* Tel est dans la fig. 2, prisme droit à base carrée, l'axe *ab* qui joint le milieu des deux bases opposées et qui peut être ou plus court ou

---

Fig. 1.—Cube avec axes cristallographiques.
Fig. 2.—Prisme carré droit, *ab* est l'axe principal.

plus long que les deux axes *cd* et *ef*, joignant le milieu des faces latérales opposées.

CRISTALLOGÉNIE.—Pour qu'un corps puisse prendre la forme cristalline, il faut que ses molécules se réunissent lentement de manière à constituer des groupements parfaitement réguliers, ce qui ne peut se faire que lorsque les corps passent de l'état gazeux ou liquide à l'état solide. Or la solidification peut être le résultat de l'évaporation d'une dissolution, du refroidissement d'une substance fondue ou enfin de la condensation d'une vapeur. De là trois modes de cristallisation.

Lorsqu'une dissolution est soumise à l'évaporation, elle se concentre peu à peu, elle devient sursaturée et la substance dissoute se solidifie en cristaux d'autant plus beaux, d'autant plus réguliers, que l'évaporation a été plus lente. Par la fusion, les molécules d'un corps sont éloignées les unes des autres et lorsque ce corps se refroidit, elles se rapprochent graduellement pour se grouper en cristaux. Ici encore la beauté, la perfection des cristaux dépend de la lenteur du refroidissement. Si le liquide se solidifie rapidement, les cristaux sont petits, mal définis, si au contraire le liquide ne se refroidit que lentement, on peut avoir de belles cristallisations. Enfin dans certains cas une vapeur passe directement à l'état solide, sans se liquéfier. Elle peut alors former de beaux cristaux. C'est ainsi que l'iode, le soufre, se subliment et cristallisent avec une grande facilité.

Tels sont, sans doute, les procédés qui, dans l'é-

corce terrestre, ont présidé à la formation des cristaux naturels.

DÉTERMINATION DES FORMES CRISTALLINES.—Si les cristaux étaient toujours réguliers, on pourrait déterminer facilement leurs formes géométriques par la mesure des faces terminales ou de la longueur des axes. Mais les cristaux parfaits ne se rencontrent jamais ou presque jamais. Le minéralogiste est donc forcé d'avoir recours à d'autres données, et le caractère qui lui sert presque exclusivement est la valeur des angles dièdres.

Ces angles sont constants pour une même espèce minérale et une même forme cristalline. Cette loi remarquable, trouvée par Romé de Lisle, a été légèrement modifiée par Mitscherlich qui l'a ainsi énoncée : "*Pour les cristaux de même espèce et de même forme extérieure, les angles dièdres sont constants, si on les mesure à la même température.*" Cette dernière condition a été ajoutée parce qu'on a observé que certains cristaux se dilataient ou se contractaient inégalement en différents sens, ce qui causait une variation dans la valeur des angles dièdres. Toutefois cette variation est tellement faible qu'elle peut être négligée sans inconvénient pour des mesures faites aux températures ordinaires. Entre 0° et 100° elle ne dépasse pas 10' à 12'.

Une autre circonstance fait encore varier la valeur des angles dièdres ; c'est le mélange d'isomorphes. Plusieurs substances ont même forme cristalline, et cette similitude s'étend presque jusqu'à la valeur des angles. Ainsi le carbonate de chaux et le carbonate

de magnésie cristallisent en rhomboèdres, dont un angle dièdre égale 105° 5' pour le carbonate de chaux et 107° 25' pour le carbonate de magnésie. Les substances qui présentent cette particularité sont dites isomorphes. Or, on a remarqué que les minéraux isomorphes pouvaient se substituer les uns aux autres dans la formation d'un cristal et cela en toute proportion. Il suit de là que le cristal résultant d'un semblable mélange aura des angles de valeur intermédiaire entre les angles de chacune des substances composantes. On a même constaté qu'il y avait une relation entre la valeur des angles d'un semblable cristal et la quantité relative des sels isomorphes qui entrent dans sa composition; de telle façon qu'on trouve là un mode d'analyse approximative auquel on pourrait recourir dans certains cas.

MESURE DES ANGLES DIÈDRES.—Nous venons de voir que les formes cristallines se déterminent géométriquement par la mesure des angles dièdres, il est donc très important de trouver la valeur exacte de ces angles. Les instruments qui permettent de faire cette mesure sont appelés *goniomètres*. Ils sont de deux genres : les goniomètres par application et les goniomètres par réflexion. Nous empruntons à M. F. Pisani la description du goniomètre par application.

" *Goniomètre d'application.*—Ce goniomètre, le plus anciennement connu, est appelé aussi goniomètre de Carangeot, (du nom de son inventeur) et a été employé par Romé de l'Isle et par Haüy. La figure 3 représente le modèle le plus commode et en même

temps le plus simple. Il consiste, 1° en deux alidades en acier AB et A'b, pouvant se mouvoir autour d'un axe que l'on peut faire glisser le long de rainures pratiquées dans les deux pièces; 2° d'un demi-cercle ou rapporteur en cuivre divisé en degrés. Lorsqu'on veut mesurer un angle dièdre au moyen de cet instrument, on tient le cristal de la main gauche, à la hauteur de l'œil, et l'on applique les deux branches bC, CB sur les deux faces, en ayant soin que le plan des alidates soit bien perpendiculaire à l'arète du cristal. Quand les deux branches sont bien appliquées, on serre la vis de l'axe et on place l'alilade A'b suivant le diamètre du demi-cercle (fig. 4), de manière à ce que le point O coïncide avec le point o qui est le centre du cercle. On lit alors sur le limbe le nombre de degrés correspondant à l'angle AOA'.

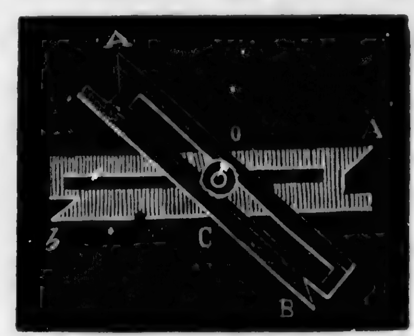


Fig. 3.

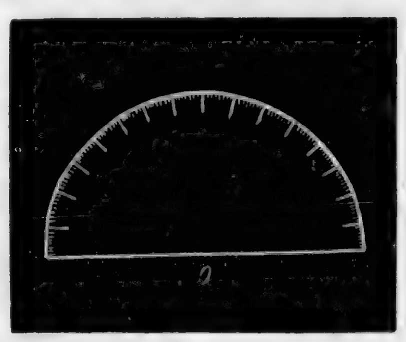


Fig. 4.

Fig. 3.—Goniomètre par application.
Fig. 4.—Rapporteur.

" Quand le cristal à mesurer est sur sa gangue, et qu'on est gêné par la longueur des branches *b*C, CB, on fait glisser les deux alidades de manière à raccourcir autant qu'il est nécessaire ces deux portions *b*C, CB. On obtient le minimum de longueur en rapprochant les deux pointes A et A′ et en plaçant, par conséquent, le cristal en O au lieu de le placer en C; de cette manière on peut mesurer de très petits cristaux lorsqu'ils sont engagés dans la roche."

Les mesures faites au goniomètre par application sont loin d'être exactes. Tout ici, dit Beudant, se fait par des tâtonnements qui sont d'autant plus difficiles que l'on est obligé de tenir le cristal d'une main, l'instrument de l'autre, et d'en porter l'ensemble devant l'œil, pour observer au jour, ce qui est fort gênant et produit des vacillements continuels, dont on ne s'aperçoit même pas. Quelque habitude que l'on ait, rien ne peut assurer que les alidades ont été placées rigoureusement perpendiculaires à l'arête de jonction des deux faces dont on veut déterminer l'inclinaison, ni assez bien appliquées sur ces faces, pour en prendre exactement l'angle. Dans les petits cristaux, il faut considérablement raccourcir les alidades pour pouvoir mesurer les angles, et il est difficile de juger de l'exactitude de leur application. Dans les gros cristaux il est rare que les faces ne soient pas bombées ou inégales, ce qui présente une autre cause d'erreurs que l'on ne peut éviter. Aussi a-t-on recours de préférence au goniomètre par réflexion qui est de beaucoup le plus exact.

Il y en a plusieurs dont un des plus simples est

celui de Wollaston. Voici comment Beudant le décrit tout en indiquant la manière de s'en servir :

" *Goniomètre de Wollaston.*—Il se compose, fig. 5, d'un cercle de cuivre gradué, placé verticalement, et tournant autour d'un axe horizontal ; cet axe est

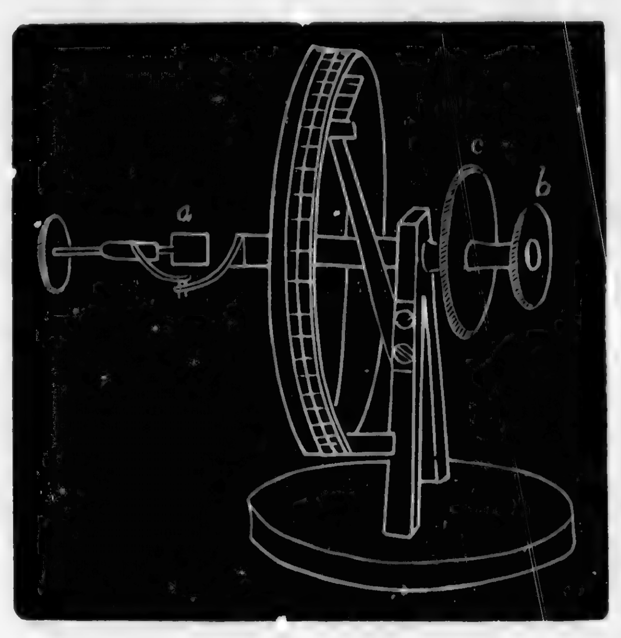


Fig. 5.

percé dans toute sa longueur, pour laisser passer un autre axe intérieur dont l'extrémité porte plusieurs pièces mobiles. Pour se servir de cet instrument, on place d'abord le cercle à zéro, ou à 180°, parce qu'il est divisé en deux fois 180°. On dispose ensuite le

---

Fig. 5.—Goniomètre de Wollaston.

cristal sur la petite plaque *a*, en l'assujétissant avec de la cire, de manière que l'arête soit à peu près perpendiculaire au plan du cercle, et dans l'axe de rotation. Cela fait, on place le goniomètre à une fenêtre ouverte, devant un bâtiment assez éloigné qui présente plusieurs lignes horizontales, comme une ligne de toits, une ligne de balcons, etc., et de manière que le plan du cercle soit à peu près perpendiculaire à la face du bâtiment. Plaçant alors l'œil très près du cristal, on fait tourner l'axe intérieur par le moyen de la virole *b*, et on amène une des faces dans une position telle, qu'elle puisse réfléchir la plus haute de ces lignes : puis on continue à tourner lentement jusqu'à ce que l'œil aperçoive à la fois cette image réfléchie et une autre ligne horizontale, plus basse que la première, vue directement. Si ces deux lignes coïncident, la face du cristal est horizontale ; si elles ne coïncident pas, on fait varier doucement, soit la position du cercle, soit celle du cristal, au moyen des pièces mobiles de l'extrémité extérieure de l'axe, jusqu'à ce que l'on parvienne à la coïncidence indiquée. On fait ensuite la même opération sur l'autre face, puis on revient à la première pour la vérifier, etc. Lorsque, après quelques essais, on est parvenu à obtenir successivement la coïncidence de ces lignes par les deux faces, on est sûr que la ligne d'intersection, ou arête du cristal, est exactement horizontale.

“ Parvenu à ce point, il ne faut plus toucher au cristal, et faire en sorte de ne pas déranger l'instrument. On procède alors à la mesure de l'angle :

pour cela, on fait d'abord tourner le cristal par la virole *b*, jusqu'à ce qu'une des faces réfléchisse la ligne supérieure du bâtiment et la mette en coïncidence avec une ligne inférieure ; puis, au moyen de la virole *c*, on fait tourner le cercle lui-même, qui entraîne alors le cristal dans sa rotation, jusqu'à ce que la réflexion et la coïncidence des mêmes lignes aient eu lieu sur l'autre face. Le cristal a décrit alors un angle qui est le supplément de celui qu'on cherche ; mais, au lieu de faire marquer cet angle par le limbe, on lui a fait marquer directement celui du cristal, en le divisant en sens inverse de son mouvement.

" Cet instrument n'est destiné qu'à mesurer de très petits cristaux, parce que l'œil n'étant point fixe, la distance des objets de mire n'étant pas très grande, il faut que la dimension du cristal et sa distance à l'œil puissent être considérées comme infiniment petites pour que l'opération soit exacte ; mais c'est un avantage réel, parce que les plus petits cristaux sont toujours ceux dont les faces sont les plus nettes. Dans les gros cristaux, qui résultent presque toujours d'agrégation, il est très rare de rencontrer des faces bien planes et bien lisses."

Systèmes cristallins.—Les cristaux dans la nature se rencontrent sous une infinité de formes différentes. On dit que ces formes sont *simples* lorsqu'elles sont limitées par des faces égales (cube, octaèdre, tétraèdre régulier) ; elles sont *composées*, si les faces terminales ne sont pas égales, fig. 6. Assez souvent encore les formes prismatiques sont appelées formes

ouvertes, (cube) et les formes pyramidales, formes *fermées* (octaèdre).

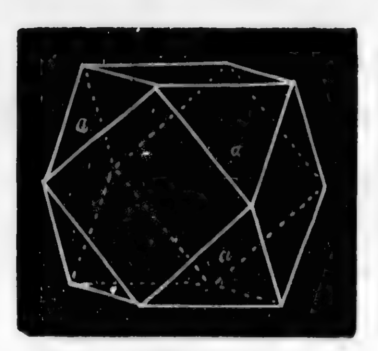


Fig. 6.

Le nombre si grand des formes cristallines peut, par la considération de la longueur et de la position relative des axes, se ramener à six systèmes, auxquels on a donné le nom de systèmes cristallins. En voici l'énumération avec leurs caractères distintifs.

I. Système *cubique.*—Il est caractérisé par trois axes égaux et rectangulaires. La forme géométrique qui le représente est le cube, fig. 1, ou l'octaèdre régulier, fig. 7. Cette forme, étant très simple, se rencontre fréquemment dans la nature, car on a remarqué que les formes à symétrie simple étaient les plus nombreuses parmi les minéraux.

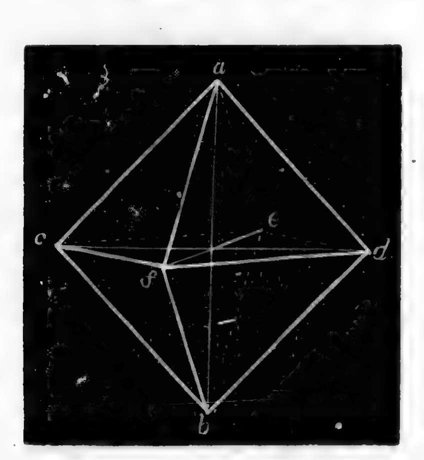


Fig. 7.

Fig. 6.—Cube modifié par les faces de l'octaèdre régulier.

Fig. 7.—Octaèdre réguliers ; les lignes *ab*, *cd*, *ef*, sont les axes de cristallisation.

II. Système *hexagonal*.—Il est caractérisé par quatre axes, dont trois égaux, dans le même plan et faisant entre eux des angles de 60°, le quatrième inégal et perpendiculaire sur le plan des trois autres, fig. 8. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base hexagonale. Dans ce système un des axes se distingue complètement des trois autres par sa longueur et sa position. C'est celui qui occupe l'axe géométrique du prisme hexa-

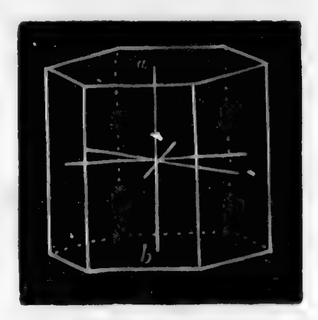


Fig. 8.

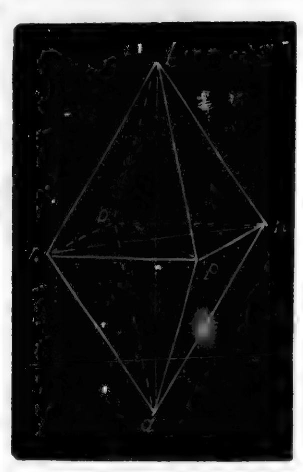


Fig. 9.

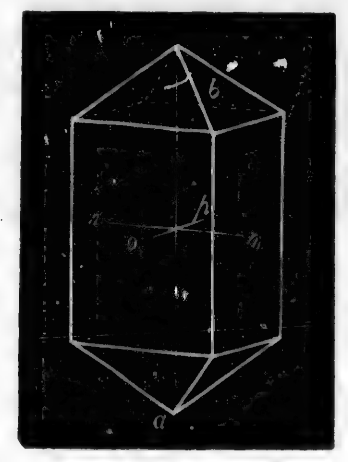


Fig. 10.

Fig. 8.—Prisme hexagonal droit; la ligne *ab* est l'axe principal.

Fig. 9.—Octaèdre dérivé du prisme carré droit; les lignes *ab*, *mn* et *op* sont les axes, *ab* est l'axe principal.

Fig. 10.—Prisme carré droit. Mêmes axes que le précédent. Les deux bases sont recouvertes d'une pyramide terminale.

gonal : voilà pourquoi on lui donne le nom d'axe principal.

III. Système *quadratique*.—Caractérisé par trois axes rectangulaires dont deux égaux et le troisième inégal, fig. 9 et 10. Ce dernier axe est principal. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base carré.

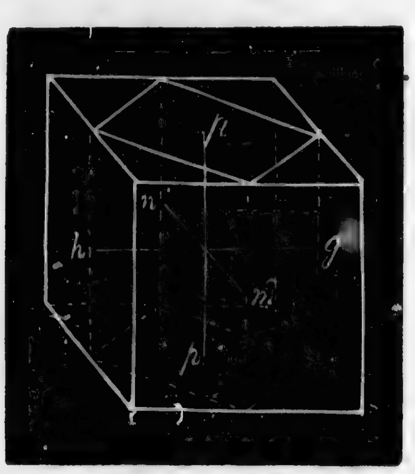


Fig. 11.

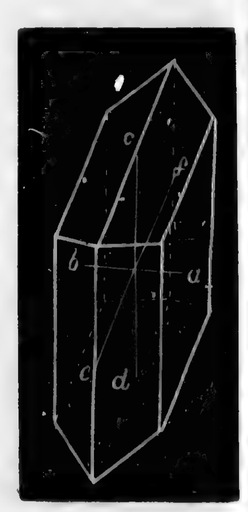


Fig. 12.

IV. Système *rhombique*.—Caractérisé par trois axes inégaux et rectangulaires, fig. 11. Il ne renferme pas d'axe principale. La forme géométrique qui le représente est le prisme droit à base rectangle ou rhomboïdale.

Fig. 11.—Prisme droit à base rectangle ; les lignes *hg, pp, nm* sont les axes.

Fig. 12.—Prisme oblique à base rectangle ; les lignes *ab, cd, ef* sont les axes.



V. Système *clinorhombique.*—Caractérisé par trois axes inégaux, dont deux rectangulaires et le troisième oblique sur le plan des deux autres, fig. 12. La forme géométrique qui le représente est le prisme oblique à base rectangle ou rhomboïdale.

VI. Système *anorthique.*—Caractérisé par trois axes inégaux, tous obliques les uns par rapport aux autres, fig. 13. C'est le dernier degré de symétrie possible. La forme géométrique qui le représente est un prisme oblique à base parallélogramme-obliquangle.

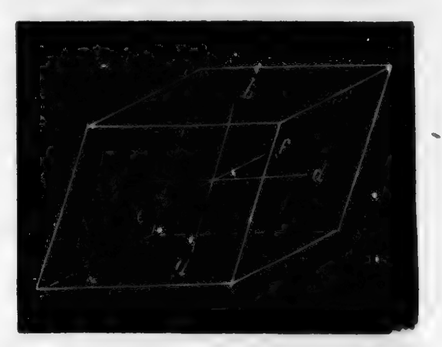


Fig. 13.

Ces systèmes peuvent se distribuer en trois *groupes* bien caractérisés. Le premier groupe ne renferme que le système cubique, l'unique système où tout soit absolument régulier. Le second groupe comprend les systèmes hexagonal et quadratique, les seuls systèmes à axes principaux. Enfin dans le troisième groupe on range les trois autres systèmes. Ce classement est très avantageux pour l'étude des propriétés caractéristiques des différents systèmes cristallins. Nous venons déjà de voir qu'il y a dans un même groupe des analogies de symétrie très remarquables. Plus tard, dans l'étude des pro-

---

Fig. 13.—Prisme oblique à base parallélogramme-obliquangle, les lignes *ab*, *cd* et *ef* sont les axes.

priétés optiques des minéraux, nous verrons ces analogies entre les systèmes d'un même groupe apparaître de nouveau.

MODIFICATIONS DES CRISTAUX.—Il est relativement rare de rencontrer dans la nature les systèmes cristallins représentés par l'une des formes géométriques que nous avons indiquées comme types de chacun d'eux. Le plus souvent ces formes sont modifiées de diverses manières, et de fait, en partant d'une quelconque des formes ci-dessus décrites, on peut, par des modifications judicieusement faites, trouver toutes les formes du système cristallin auquel appartient le solide qui a servi de point de départ.

Fig. 15.

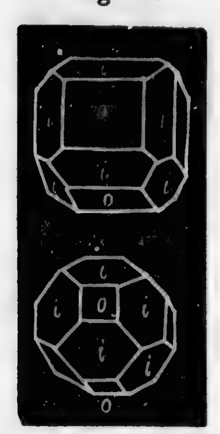


Fig. 14.

Pour nous aider à comprendre comment se font ces modifications, disons d'abord qu'on appelle arêtes *semblables*, celles qui ont non seulement même longueur, mais encore dont les angles dièdres eux-mêmes sont semblables. De même les angles solides sont *semblables*, quand ils sont formés par des angles plans égaux chacun à chacun, appartenant en même temps à des plans semblables. Ainsi, les arêtes et les angles solides d'un cube sont tous semblables, tandis que dans un prisme carré droit

---

Fig. 14 et 15.—Cube modifié par les faces du dodécaèdre rhomboïdal.

les arêtes latérales sont semblables entre elles, mais ne le sont pas aux arêtes de la base. De même les angles solides de ce prisme ne sont pas semblables aux angles solides du cube.

Les modifications des cristaux consistent toujours dans le remplacement d'une forme terminale par une autre. Ainsi on remplacera un angle solide du cube, fig. 1, par une troncature, *i* fig. 17 et 6, ou les angles dièdres par un plan, fig. 14 et 15. Ces faces modifiantes peuvent en s'agrandissant, faire disparaître complètement les faces primitives.

L'étude de ces modifications avait conduit Haüy à une loi suivant laquelle il supposait qu'elles se font toujours. Il l'énonçait ainsi : " Dans un cristal toutes les parties semblables sont modifiées à la fois et de la même manière, et les parties dissemblables sont modifiées d'une manière différente."

Haüy supposait que dans les formes cristallines, les parties géométriquement semblables sont aussi physiquement semblables. Mais l'observation lui fit bientôt remarquer un grand nombre de substances dans lesquelles la moitié seulement des parties géométriquement semblables étaient modifiées simultanément et de la même manière. Sans se rendre compte de la cause de cette étrange exception, il lui donna le nom d'*hémiédrie*, désignant par le terme *holoédrie* le cas des modifications qui se reproduisent sur toutes les parties géométriquement semblables. Plus tard, une étude plus approfondie fit reconnaître que la cause de l'hémiédrie devait être attribuée à la forme même des molécules composantes, lesquelles, par leur arrangement régulier dans un cristal,

peuvent faire que des parties en réalité *physiquement* différentes, correspondent à des parties géométriquement semblables. Par exemple, si un cube est le résultat de la réunion de molécules tétraédriques, fig. 16, on conçoit que les pointements, tous semblables géométriquement, ne le soient pas physiquement.

Pour que la loi de Haüy soit générale et ne souffre pas d'exception, il faut donc l'énoncer comme suit : " Dans un cristal, toutes les parties *géométriquement* et *pysiquement* semblables sont modifiées à la fois et de la même manière, etc."

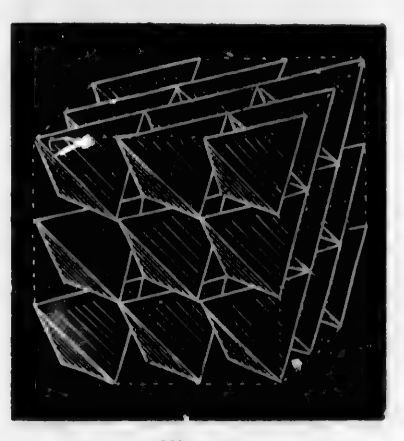


Fig. 16.

Cet énoncé toutefois est purement théorique, et l'observation patiente des faits peut seule faire distinguer les substances qui affectent les formes hémiédriques de celles qui prennent les formes oloédriques.

On peut déduire de cette loi générale les conclusions suivantes relativement aux formes oloédri-

---

Fig. 16.—Groupement de molécules tétraédriques. Le résultat est un cube dans lequel il est facile de voir que les angles solides, bien que géométriquement semblables, ne le sont pas physiquement.

ques : 1° Les arêtes ou les angles solides de même espèce sont tous modifiés à la fois et de la même manière. C'est-à-dire, que quand un cristal éprouve une modification sur une de ses arêtes ou sur un de ses angles solides, cette modification se répète sur toutes les autres arêtes ou sur tous les angles solides de même espèce, fig. 15 et 17. 2° Les arêtes, ou les angles solides, d'espèces différentes sont modifiés différemment. Ainsi, dans le prisme rhomboïdal, fig. 18, l'angle latéral obtus est modifié différemment

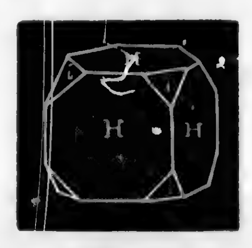


Fig. 17.

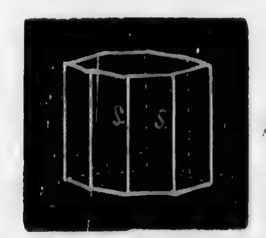


Fig. 18.

de l'angle latéral aigu. 3° Lorsqu'une arête ou un angle solide sont formés par des plans de même espèce, les modifications produisent le même effet sur chacun de ces plans. Ainsi si une arête ou un pointement, formés par des faces égales, sont modifiés par une facette, cette facette sera également inclinée sur chacun des plans adjacents, *i*, fig. 17. 4° Enfin lorsqu'une arête ou un angle solide se trouvent formés par des plans dissemblables, les modi-

---

Fig. 17.—Cube modifié par les faces de l'octaèdre.
Fig. 18.—Prisme rhomboïdal droit, avec arêtes latérales modifiés.

fications produisent des effets différents sur chacun de ces plans. Ainsi la facette *a*, fig. 19, qui remplace les angles solides d'un prisme carré droit sera inégalement inclinée sur les faces latérales et sur la base du prisme.

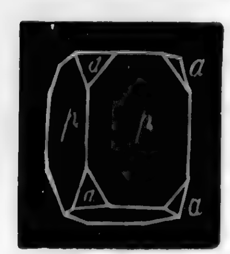


Fig. 19.

Dans les cas d'hémiédrie, voici comment se font les modifications cousidérées par rapports aux parties *géométriquement* semblables des cristaux.

Ou les angles solides semblables ne sont modifiés que de deux en deux, *a*, fig. 20 ; ou toutes les parties semblables sont modifiées, mais seulement par

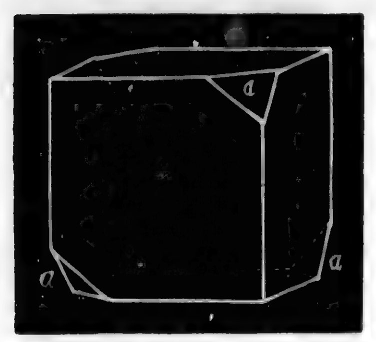


Fig. 20.

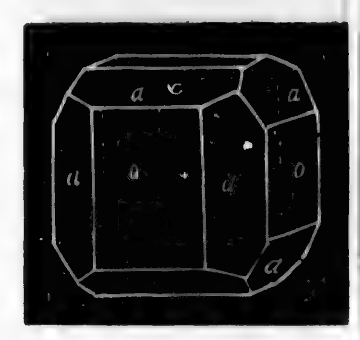


Fig. 21.

la moitié du nombre de plans nécessaire pour que la modification soit symétrique et complète, *a*, fig. 21.

Fig. 19.—Prisme carré droit, à angles solides modifiés.
Fig. 20.—Cube modifié par les faces du tétraèdre.
Fig. 21.—Cube modifié par les faces du dodécaèdre pentagonal

On a constaté l'existence des formes hémiédriques dans la plupart des systèmes cristallins ; nous nous contenterons d'étudier les principaux cas qui se rencontrent dans le système cubique et dans le système hexagonal.

Dans le système cubique, un cas important d'hémiédrie est celui d'un cube dont les angles solides ne sont modifiés que de deux en deux, fig. 20. Si ces troncatures sont prolongées jusqu'à ce que les faces du cube primitif soient disparues on obtient un tétraèdre régulier, fig. 22. Cette forme hémièdrique se rencontre assez souvent, (Boracite, Cuivre gris). Le second cas d'hémiédrie, dans ce système,

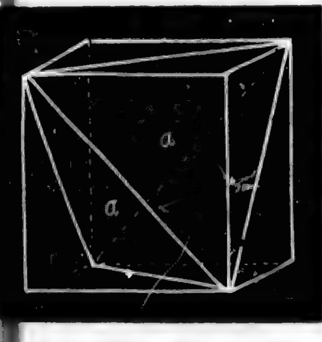
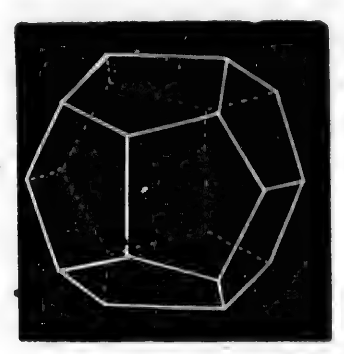


Fig. 22.


Fig 23.

est celui d'une modification sur les arêtes du cube, le plan modifiant étant inégalement incliné sur les faces voisines, *a*, fig. 21. Cette modification conduit

---

Fig. 22.—Cube, hémièdrie inclinée, tétraèdre.

Fig. 23.—Hémiédrie parallèle du cube ; dodécaèdre pentagonal.

au dodécaèdre pentagonal, fig. 23. On remarquera que les faces terminales du tétraèdre sont toutes inclinées les unes sur les autres, tandis que celles du dodécaèdre pentagonal sont parallèles deux à deux. Cette circonstance a fait donner respectivement les noms d'hémiédrie *inclinée* et d'hémiédrie *parallèle* à ces deux genres de modifications.

Dans le second système, le cas le plus remarquable d'hémiédrie est une modification du prisme hexagonal qui produit le rhomboèdre. Elle consiste à remplacer la moitié des arêtes ou des angles solides des bases du prisme par une troncature, *c*, fig. 24 et 25. Suivant l'inclinaison de cette face modifiante sur le grand axe du cristal, le rhomboèdre sera aigu ou obtus.

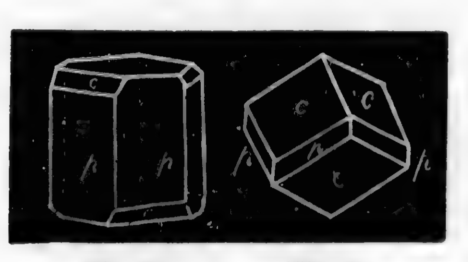


Fig. 24. Fig. 25.

Cette forme, plus simple géométriquement que le prisme hexagonal droit, se rencontre aussi plus souvent. Le Calcaire, la Dolomie, se trouvent en cristaux rhomboédriques et avec une grande variété de valeurs d'angles.

Fig. 24.—Prisme hexagonal modifié hémiédriquement sur les les arêtes de la base.

Fig. 25.—Même modification agrandie de manière à faire voir la forme rhomboédrique. Les faces *p* sont les faces latérales du prisme hexagonal.

Les autres systèmes cristallins ont aussi quelques cas d'hémiédrie, mais ils sont moins fréquents que ceux que nous venons de signaler ; nous n'en parlerons pas.

Loi de dérivation. — D'après ce que nous venons de voir, nous savons que les modifications qui atteignent les différentes formes terminales des cristaux ne se font pas au hasard. Quelque compliquées, quelque nombreuses que soient ces substitutions de formes, la symétrie générale n'est jamais détruite. De plus, si on compare les longueurs des axes interceptées par les faces d'un cristal, on se trouve en présence d'une loi fort simple et fort remarquable qu'Haüy avait appelée loi de décroissement, mais qu'on a désignée depuis du nom de loi de dérivation. En voici l'énoncé : les différentes faces des cristaux vont couper les axes à des distances du centre qui sont entre elles dans des rapports simples. Ainsi, ces distances pourront être exprimées par les nombres 1, 2, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, etc.

Dans le système cubique, comme les trois axes ont des longueurs relatives égales, ces chiffres indiquent à eux seuls l'inclinaison de la face modifiante. Mais lorsque le cristal appartient à un système dont les axes n'ont pas tous la même longueur, à un système prismatique, par exemple, il faut tenir compte de ce fait. L'expression générale d'une face modifiante devient alors na, mb, pc, les quantités a, b, c représentant les dimensions relatives des différents axes ; les coefficients n, m, p sont appelés *paramètres* de la face modifiante.

Ces symboles sont très employés pour caractériser les modifications. Ainsi une quelconque des faces primitives du cube aura pour expression :

$$1 : \infty : \infty.$$

Un plan unique modifiant une arète du même cristal sera désigné par :

$$1 : 1 : \infty.$$

tandis que : $1 : 2 : \infty$ pourra représenter la modificati. . hémiédrique conduisant au dodécaèdre pentagonal et : $1 : 1 : 1$ une des faces de l'octaèdre régulier.

De même une des faces du prisme droit rectangulaire sera désignée par :

$$1a : \infty\, b : \infty\, c.$$

Une des faces du prisme droit à base rhombe, par :

$$1a : 1b : \infty\, c.$$

Ces expressions ont été plus ou moins modifiées dans leur forme, mais nous en avons dit assez pour faire voir comment elles peuvent servir à caractériser les faces des cristaux.

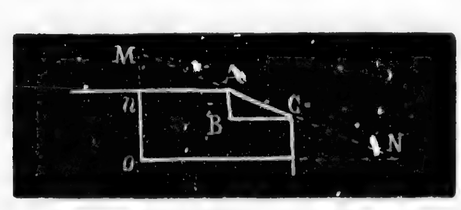


Fig. 26.

Ces désignations mathématiques des faces modifiantes, peuvent se trouver par des calculs quelquefois très simples, mais souvent très compliqués. En voici un exemple. Supposons un prisme carré droit dont une

---

Fig. 26.—Paramètres d'une face modifiante.

les arêtes de la base est remplacée par une troncature, fig. 26. Pour connaître les paramètres de cette dernière, il suffit évidemment de résoudre le triangle ABC. En effet, en supposant O le centre du cristal, le rapport $\frac{ON}{OM}$ égale évidemment le rapport $\frac{BC}{AB}$.
On mesure donc avec un goniomètre l'angle nAC, ce qui permet de connaître CAB. Puis on écrit :

$$\text{tang. CAB} = \frac{BC}{AB}$$

Il suffit donc de trouver la valeur de tang. CAB. Or on sait que cette valeur doit donner pour le rapport $\frac{BC}{AB}$ une expression simple. Supposons donc qu'on trouve tang. CAB = 1.999. Ce nombre étant très voisin de 2, on dit que la différence est due à des erreurs d'expérience et on écrit : tang. CAB = 2. L'expression de la face CA est donc :

$$1a : 2b : \infty\ c.$$

Connaissant les paramètres on peut renverser le calcul et chercher ainsi les angles mesurés directement avec le goniomètre. De là, dans les auteurs, la double série des angles mesurés et des angles calculés.

Avant de quitter cette question de modifications cristallines, notons un fait assez remarquable. Lorsque, dans une masse de cristaux, l'un d'eux est modifié d'une certaine façon ou présente quelques particularités de structure, tous les autres partagent avec lui ses défauts ou ses qualités. Cette quasi-solidarité cristalline est un des faits qu'on peut constater directement tous les jours.

CHAPITRE DEUXIEME.

Clivage.

Les cristaux réguliers ont la propriété de se séparer en fragments d'une manière toute différente des pierres amorphes. Dans celles-ci la cassure n'a rien de régulier ; tandis que l'on voit souvent un cristal se séparer en lames aussi régulières que les faces naturelles les plus parfaites. Cette propriété de se séparer ainsi en lames planes a reçu le nom de clivage. Plus le clivage est facile plus les plans sont nets et brillants.

Certaines espèces minérales n'auront qu'un plan de clivage, (Mica) d'autres deux, (Orthose) d'autres trois, (Sel-gemme). Ces plans multiples de clivage, surtout si celui-ci est facile, donnent au minéral un aspect spécial, souvent caractéristique. L'existence de trois plans de clivage détermine un solide qu'Haüy appelait *noyau* ou *solide primitif.*

Les plans de clivage sont toujours parallèles à une face existante ou possible du cristal. Les clivages qui se font parallèlement à des faces cristallines semblables ont toujours un même éclat, et vice versâ, si les faces de clivage dans une même espèce ne sont pas également brillantes, c'est un signe infaillible qu'elles correspondent à des faces cristallines dissemblables.

Le clivage est un excellent caractère spécifique. C'est lui qui donne au Mica son apparence feuilletée, au Feldspath son apparence prismatique. Il

permet quelquefois de distinguer deux espèces différentes, que l'on pourrait confondre par l'ensemble des autres caractères extérieurs. Tels sont la Topaze incolore et le Quartz hyalin ; la Topaze a un clivage éminent dans le plan de la base du prisme et le Quartz n'est pas clivable du tout.

Le clivage est produit de plusieurs manières. On peut cliver en se servant de la lame émoussée d'un canif, en frappant avec un marteau sur l'échantillon à cliver, ou enfin en chauffant le cristal à une haute température et le jetant brusquement dans l'eau. Dans ce dernier cas, la dilatation et la contraction qui résultent de ces variations brusques de température, ont pour effet de faire fendiller le cristal, et si ces fentes se font de préférence dans une direction, c'est un signe qu'il y a là un sens de clivage possible.

CHAPITRE TROISIÈME.

Groupements des cristaux.

Il est très rare de rencontrer dans la nature les cristaux isolés et complètement libres. Le plus souvent ils sont implantés dans une gangue qui en masque une extrémité, ou bien encore, plusieurs sont groupés ensemble. Ces groupements sont de plusieurs espèces ; nous en verrons successivement les principales.

Groupements réguliers.—On donne ce nom aux groupements qui se font suivant certaines lois définies. On dit qu'ils sont *directs* lorsque les côtés homologues des cristaux groupés restent parallèles. C'est de cette manière que les petits cristaux peuvent en se réunissant, donner naissance à des individus plus gros. Et de fait, pour peu qu'un cristal soit développé, on peut presque toujours voir sur ses faces latérales ou basiques des indices de groupements de cette nature. Les gros cristaux de Calcite, de Fluorine, de Quartz, en donnent de très beaux exemples.

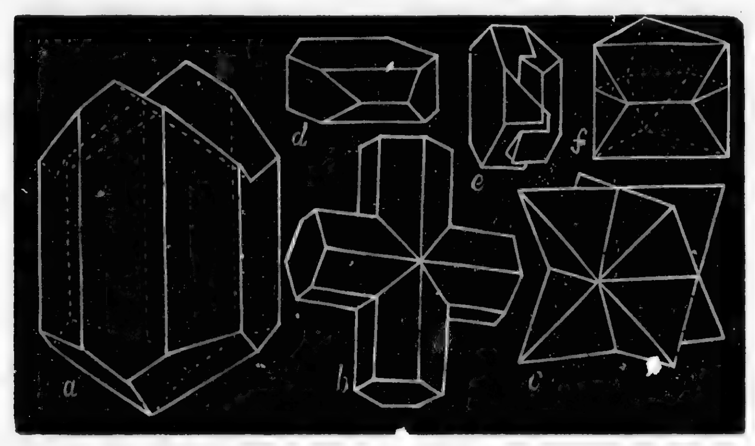


Fig. 27.

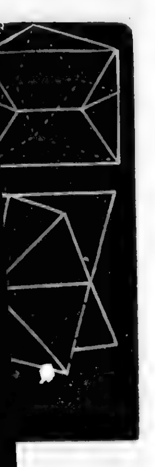
Les groupements réguliers sont *inverses* si les faces homologues ne sont pas parallèles, ce qui ne les empêche pas de présenter souvent une symétrie fort

---

Fig. 27.—Exemples de macles, hémitropies, transpositions, etc.

remarquable. A ces groupements on donne plus particulièrement le nom de *macles.*

Lorsqu'on étudie le cas le plus fréquent des macles, c'est-à-dire, le groupement de *deux* cristaux, il arrive souvent que les deux individus sont dans une position telle que l'un semble avoir tourné d'un certain angle (360°, 60°, 90°) autour d'un axe perpendiculaire au plan d'assemblage, fig. 27 *a*, *e*. Quelques fois encore, l'apparence est celle que présenterait un cristal unique, coupé suivant un certain plan et dont une portion aurait tourné sur l'autre de la manière indiquée ci-dessus, fig. 27 *f*. Haüy a donné le nom *d'hémitropies* aux macles formées de cristaux qui ont tourné de 180° l'un par rapport à l'autre. Il appelait *transpositions* les macles à rotation de 60° ou 90°.



Le plan d'assemblage est, dans la plupart des cas, une face existante du cristal, ou pouvant exister par suite d'une modification assez simple. Il n'y a d'exception que pour quelques macles de cristaux anorthiques, comme l'Albite.

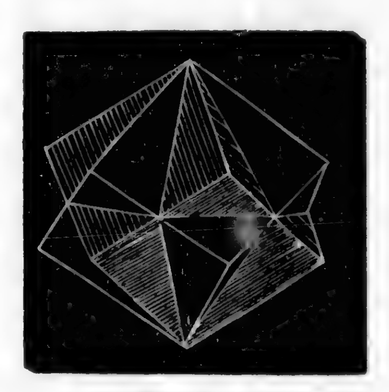


Fig. 28.

Quelques macles semblent être le résultat de deux cristaux ayant même centre de figure, mais dont l'un aurait tourné d'un certain angle, fig. 28.

Nous donnons ci-dessus un certain nombre d'ex-

Fig. 28.—Groupement observé dans le Pyrite de fer.

emples de macles ; l'élève pourra s'exercer à trouver la forme cristalline des cristaux groupés, la position du plan d'assemblage et l'angle de rotation.

Dans la figure 27 *b*, les deux plans d'assemblage font un angle de 90°. Dans les cristaux de neige, dont les formes sont souvent si belles et si régulières, l'angle de ces plans est de 60°, aussi ces macles ont-elles la forme d'étoiles à six branches.

Quelques fois on voit une masse de petits cristaux aciculaires groupés autour d'un point ou le long d'une ligne, ce qui produit des formes sphéroïdales ou cylindriques. Ces derniers groupements se rencontrent assez souvent dans la Pyrite de fer.

On reconnait ordinairement une macle à l'existence d'angles rentrants, caractère que ne présentent jamais les cristaux simples. Lorsqu'il n'y a point d'angles rentrants, dit M. Pisani, un groupement régulier de cristaux sera indiqué par un système de stries ou une suture au point de jonction des deux individus ; ou bien par un défaut de symétrie dans les différentes parties du cristal composé, ou encore, par le changement de direction des clivages au point de jonction des deux cristaux. Dans certains cristaux de quartz le groupement est une véritable compénétration mutuelle qui ne peut être révélée que par la lumière polarisée ou l'attaque à l'acide fluorhydrique. M. DesCloizeaux a trouvé ainsi que des cristaux de quarts en apparence très homogènes étaient formés de lames successivement dextrogyres et lévogyres superposées.

Les *dendrites* sont de véritables groupements irréguliers. On donne ce nom à des espèces d'arborisa-

tions qui se voient assez souvent entre les feuillets d'une substance schisteuse ou encore dans l'épaisseur même de ces feuillets. Dans le premier cas les dendrites sont superficielles, dans le second, elles sont profondes. Quant à leur origine, elles sont dues à la solidification de dissolutions salines qui imprégnaient la pierre où on les trouve. Si cette solidification a été lente la dendrite est cristalline, sinon elle est amorphe. Les agates mousse doivent leur nom à des arborisations de cette nature qui se trouvent à leur intérieur.

Enfin on appelle *druse*, une masse de petits cristaux, pressés les uns contre les autres et recouvrant une surface quelconque. Ce n'est pas un groupement proprement dit, bien que l'on puisse dans certains cas reconnaître entre les axes ou les faces des différents cristaux un parallélisme remarquable.

CHAPITRE QUATRIEME.

Imperfections des cristaux, Stries, Pseudomorphoses.

Les cristaux que nous avons supposés réguliers pour la détermination des systèmes cristallins, ne le sont pour ainsi dire jamais. Le développement de certaines faces aux dépens de leurs voisines enlève toute régularité aux formes cristallines, et quelquefois cette déformation peut s'accentuer au point de

faire ranger dans un système cristallin un individu qui en réalité appartient à un autre système. De plus, ces faces sont quelquefois courbes et le cristal paraît grossièrement arrondi. Tel est le cas pour le Diamant, le Gypse et bon nombre de cristaux d'Apatite. Ailleurs on trouve les faces creusées en trémie : Sel-gemme, Bismuth et certains échantillons de Fluorine.

STRIES.—Les stries constituent une autre espèce d'irrégularité qui se présente assez souvent. On donne ce nom à des rainures que l'on voit sur les faces des cristaux, fig. 29. Elles sont limitées par des facettes parallèles à quelques faces primitives ou secondaires du cristal. Aussi la présence de ces stries est-elle regardée comme le signe d'une oscillation entre deux formes d'un même système. Envisagées de cette manière, les stries qui se voient sur les faces d'un cube de Pyrite de fer et qui ont trois directions rectangulaires, fig. 28, indiquent une oscillation entre le cube et le dodécaèdre pentagonal.

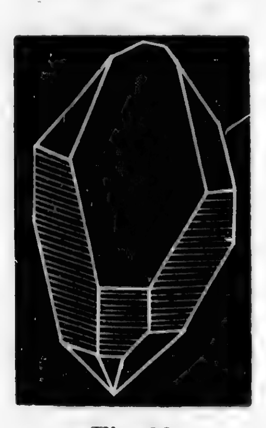


Fig. 29.

Les stries sont souvent un caractère spécifique des plus précieux. Telles sont celles qui sillonnent transversalement les faces latérales d'un prisme de quartz, fig. 29. Lorsque les stries sont très fortes,

---

Fig. 29.—Stries latérales des cristaux de Quartz.

elles portent plus spécialement le nom de *cannelures*.

Il ne faut pas confondre avec les stries, les lignes que l'on aperçoit quelquefois à la surface des cristaux, et qui ne sont que les traces des fissures de clivage existant à l'intérieur du cristal.

Pseudomorphoses.—On désigne ainsi certaines formes empruntées que présentent les minéraux. On rencontrera, par exemple, le Quartz en cristaux cubiques, la Limonite sous la forme des Pyrites, etc.

Les pseudomorphoses sont de plusieurs genres :

1° Quelques cristaux, sous l'influence de diverses causes, peuvent changer de composition sans changer de forme, et cela, (*a*) soit par la perte d'un des principes composants, exemple : le cuivre natif sous la forme de cuivre oxydulé ; (*b*) soit par l'addition d'un nouveau principe, exemple : Malachite sous la forme du cuivre oxydulé ; (*c*) soit par échange de certains éléments, exemple : Limonite sous la forme de Pyrite.

2° Quelquefois le cristal primitif disparait complètement et sa place est prise par une substance qui remplit la cavité, exemple : Gypse sous forme de Sel-gemme, Quartz sous forme de Fluorine. Quand ce remplacement se fait avec une grande lenteur, la nouvelle substance a exactement la même structure intérieure que la substance remplacée. C'est ainsi que l'on voit des bois se changer en Quartz, en Opale ou en Barytine, sans rien perdre de leur structure.

3° Un cristal est quelquefois recouvert par un autre minéral ; si par hasard ce cristal disparaît, il laisse son moule en creux. Telle est l'origine des moules cubiques de Quartz ; la Fluorine qui les

remplissait primitivement est disparue, laissant seul le Quartz qui la recouvrait.

Assez souvent il est difficile de dire à laquelle de ces espèces doit se rapporter une forme pseudomorphique en particulier. Des recherches consciencieuses, un examen attentif des différentes causes qui ont dû entrer en jeu peut seul guider l'observateur.

Irrégularités intérieures des cristaux. — La limpidité d'un cristal est quelquefois détruite par des matières colorantes qui s'y trouvent en assez grande quantité. On remarque que ces matières étrangères sont souvent disposées en lames parallèles à quelques faces du cristal; c'est ce que l'on voit dans plusieurs variétés de Fluorine.

En outre beaucoup de cristaux renferment des particules solides ou des gouttelettes liquides, que le P. Renard désigne sous le nom générique d'enclaves. C'est Brewster qui a le premier attiré l'attention des microscopistes sur ces enclaves minérales, par son étude remarquable sur les enclaves des Topazes. Les liquides que renferment ainsi les cristaux sont, ou bien de l'eau, ou bien des dissolutions salines ou même de l'acide carbonique liquide, comme dans beaucoup de cristaux de quartz.

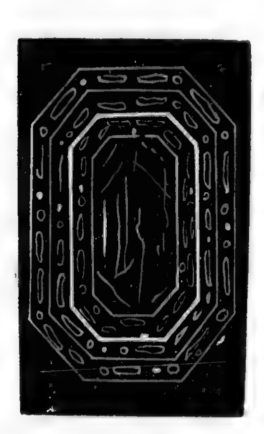


Fig. 30.

Fig. 30.—Cristal de Pyroxène, avec enclaves solides.

Les enclaves solides sont des particules souvent cristallines et susceptibles de détermination minéralogique, fig. 30 et 31. Rien de plus beau que ces

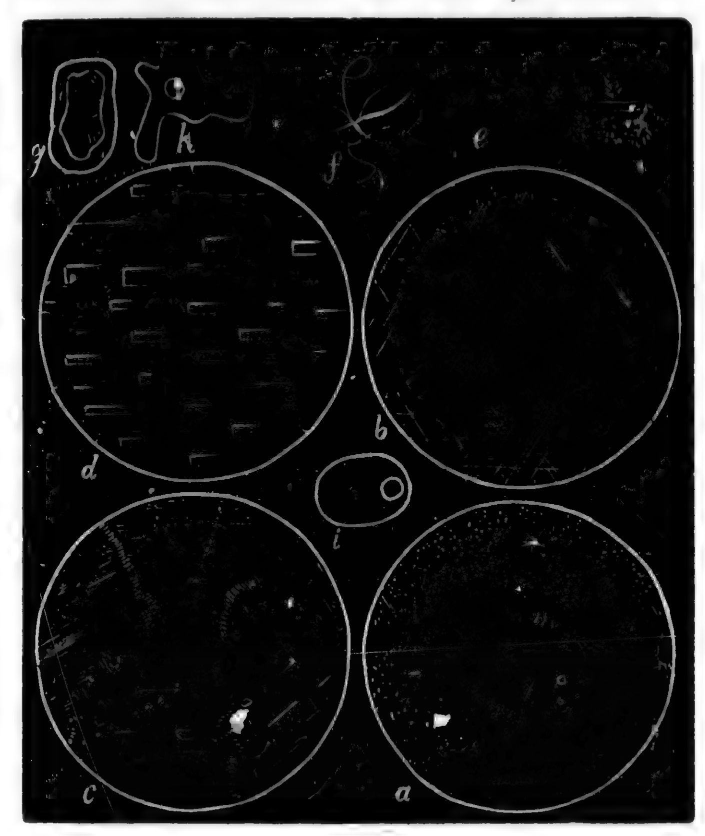


Fig. 31.

petits cristaux disséminés quelquefois au hasard, quelquefois avec un ordre merveilleux dans les lames

---

Fig. 31.—Enclaves de diverses natures.

cristallines. Nous donnons ci-dessus, fig. 31, quelques exemples de ces enclaves que nous empruntons au P. Renard et à M. Rutley ; plusieurs de ces dessins, *a*, *b*, *c*, *d*, *g*, ont été faits par nous d'après nature.

La figure 30 représente une section d'un cristal de Pyroxène, renfermant une foule d'enclaves disposées avec une grande régularité.

La figure *a* 31 est une section d'Obsidienne. Un gros cristal ou fragment de cristal occupe le centre de la section. Il est le point de départ d'une foule de petits cristaux. De chaque côté se trouvent d'autres petits cristaux isolés ou groupés trois à trois, quatre à quatre. C'est un bel exemple d'un commencement de cristallisation dans une masse amorphe. Gross. 50.

La figure *b* est une lame de Mica *astérisé*. Les petites lignes qui se croisent en tous sens sont de petits cristaux d'une excessive ténuité. Gross. 50.

La figure *c* est un fragment d'une roche hypersthénique qui laisse voir de petits cristaux feldspathiques très réguliers. La section présente plusieurs compartiments, différant les uns des autres non par la composition chimique, mais uniquement par la disposition des parties composantes ou la nature des enclaves. Gross. 80.

En *d* est une section d'Apatite, riche en cristaux de même nature fixés obliquement dans la lame et coupés suivant un plan oblique à leur grand axe. Gross. 60.

Les figures *e* et *f* sont des arborisations observées par Rutley dans les obsidiennes, et des *trichites* (cheveux) que l'on aperçoit dans certaines roches en

apparence homogènes. Nous avons figuré en *i* et en *k*, les enclaves, à peu près remplies de liquides, qui existent si nombreuses dans le quartz de certains granites. Ces deux dessins sont du P. Renard. Gross. 300.

Enfin en *g* est dessinée une des cavités qui se trouvent dans une masse éruptive située à St-Anselme. Le centre est du quartz et la surface de la géode est tapissée de petits cristaux rayonnant autour de certains points. Ces cristaux sont verdâtres, très probablement péridotiques. Gross. 10.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Structure et formes irrégulières des minéraux, cassure.

Structure irrégulière.—On donne ce nom à la structure des minéraux qui ne se présentent pas en cristaux distincts, mais dont la masse résulte de l'agrégation de masses plus petites ayant chacune leur structure propre. Telle est par exemple, la structure du Grès, du Marbre, de l'Ardoise.

Cette structure offre une grande variété d'aspects dont quelques-uns ont reçu des noms. En voici les principales espèces :

La structure *grenue*, produite par la réunion de petits grains cristallins arrondis (Grès).

La structure *laminaire*, provenant de la réunion de lames cristallines ou de clivage. Lorsque ces lames sont très petites la structure est *lamellaire*. Elle est *écailleuse* si les lames se séparent facilement (certains Micaschistes). La structure *saccharoïde* n'est peut-être qu'une variété de la structure laminaire, les facettes ou les cristaux sont très petits (marbre statuaire).

La structure *fibreuse* est celle qui résulte de la réunion de cristaux aciculaires, comme dans plusieurs variétés de Gypse. Elle est *radiée* si plusieurs cristaux originent de centres communs, comme dans les Zéolites. Elle est *capillaire* si ces cristaux sont très facilement séparables, comme dans l'Asbeste.

La structure *compacte* est celle d'une masse qui, avec une cohérence assez forte des particules composantes, ne laisse voir aucun indice d'une structure spéciale (pierre lithographique).

La structure *terreuse* provient de l'agglutination de grains ayant fort peu de cohérence ; le minéral reste pulvérulent, comme la Craie, l'Argile.

La structure *schisteuse* est celle des minéraux qui se séparent facilement en feuillets plus ou moins réguliers (Ardoise). Dans certains cas les feuillets existent sans qu'on puisse les séparer : structure *stratiforme*.

On pourrait encore ajouter les structures *cellulaire* et *organique*.

FORMES IRRÉGULIÈRES ET ACCIDENTELLES. — Voici quelques-unes de ces formes, les plus importantes à noter :

Nodules ou rognons. Ce sont des concrétions plus ou moins volumineuses, arrondies d'une manière

irrégulière. Ils résultent de l'agglomération de particules de même nature, disséminées primitivement dans une substance étrangère. Voilà pourquoi on les trouve assez souvent formés de couches concentriques. Lorsqu'ils sont creux on les appelle *géodes*. Celles-ci, ou sont tapissées de magnifiques druses cristallines, ou sont à peu près remplies par des infiltrations qui se déposent en couches concentriques d'une grande régularité et d'une rare beauté. Telle est l'origine de la plupart des agates rubannées. Quelques géodes, les *pierres d'aigle*, contiennent un noyau de matière amorphe, libre à leur intérieur.

Formes globulaires. Mentionnons les *pisolithes*, globules de la grosseur d'un pois, formés de couches concentriques emprisonnant le plus souvent un petit fragment de substance étrangère. Les *oolithes*, globules extrèmement petits, de la grosseur des œufs de poissons, qu'on trouve libres ou aggrégés.

Mamelons. On donne ce nom à des masses dont la surface ne montre que des segments sphériques des globules; quand les globules sont très saillants et que le minéral ressemble à une grappe de raisin, on dit qu'il a la forme *botryoïdale*.

Stalactites. Concrétions légèrement coniques, produites par l'infiltration des eaux minérales à travers la voûte d'une grotte. L'évaporation de l'eau produit un dépôt de matière qui peu à peu s'allonge et prend la forme d'un cône. Leur structure peut être amorphe, radiée, cristalline. On appelle *stalagmites* les dépôts mamelonnés qui se forment sous les stalactites, grâce aux gouttes de liquide qui tombent une à une et s'évaporent sur le pavé de la grotte.

Enfin, pour clore la liste, mentionnons les *galets* ou cailloux roulés, dont les formes varient à l'infini.

CASSURE.—La cassure est l'apparence que présentent les fragments d'un minéral cassé. Elle a nécessairement une grande relation avec la structure, aussi se désigne-t-elle le plus souvent de la même manière que celle-ci. Cependant aux différents genres de structures énumérés plus haut et qui donnent autant de cassures différentes, on peut ajouter la cassure *unie* qui se fait suivant des faces presque planes : pierre lithographique ; la cassure *rude* à surface recouverte de petites aspérités : Marbre statuaire ; cassure *écailleuse*, quand elle offre de petits fragments qui semblent prêts à se détacher : Agate ; cassure *conchoïdale*, à surface semblable à celle de certaines coquilles bivalves : Obsidienne.

CHAPITRE SIXIEME.

Dureté, tenacité, friabilité, densité.

DURETÉ.—C'est la résistance qu'oppose les minéraux à se laisser rayer. Cette dureté est très variable. Pour faciliter la détermination du dégré de dureté d'une substance, on se sert d'un certain nombre de

minéraux, pris comme termes de comparaison et rangés par ordre de dureté croissante. C'est cet ensemble de minéraux types qu'on appelle échelle de dureté. Mohs a imaginé l'échelle suivante qui renferme 10 termes de comparaison. Les voici dans leur ordre de dureté croissante : 1. Talc ; 2. Gypse ; 3. Calcaire ; 4. Fluorine ; 5. Apatite ; 6. Orthose ; 7. Quartz ; 8. Topaze : 9. Corindon ; 10. Diamant. Quelques minéralogistes se servent d'une autre échelle renfermant 12 espèces minérales et imaginée par Breithaupt. Ils intercalent l'Hornblende entre l'Apatite et l'Orthose, et le Mica entre le Gypse et le Calcaire.

Les numéros 1 et 2 sont rayés par l'ongle. Les cinq premiers numéros sont rayés par une pointe d'acier et le numéro 6 correspond à une dureté un peu supérieure à celle du verre a vitres. Si donc un minéral est rayé par l'ongle sa dureté est entre 1 et 2, s'il est rayé par l'acier tout en étant au-dessus de 2, sa dureté sera de 3 à 5, s'il raye le verre il est plus dur que 5. Ces moyens pratiques et faciles, sont quelquefois très utiles pour avoir des idées générales sur la plus ou moins grande dureté d'un minéral.

Dans ces essais il faut choisir une arête très vive ou des parties anguleuses et frotter à plusieurs reprises sur une partie bien plane du minéral qui doit servir de point de comparaison. Il est important de bien essuyer la surface frottée, avant de l'examiner à la loupe, car autrement on pourrait regarder comme provenant de la rayure la poussière que laisse un corps de dureté inférieure sur une surface de dureté plus grande. Il est encore bon de faire la contre-épreuve avec le même morceau, parce que

....

deux minéraux de même dureté peuvent se rayer mutuellement si on les frotte assez fortement l'un sur l'autre.

Quelques cristaux sont plus durs sur une face que sur une autre, tel est le Disthène. Sur une même surface la dureté varie encore suivant qu'on l'essaye dans deux directions différentes. Pour terminer, disons qu'on ne doit pas attacher à ce caractère une importance absolue, car il est susceptible de varier dans une même espèce.

TENACITÉ. —La tenacité est la résistance qu'oppose un minéral à se laisser briser par le choc. Certains minéraux très durs sont très fragiles et vice versâ. La *friabilité* est la propriété contraire à la tenacité. Les substances friables cèdent au moindre choc et tombent en poussière.

On pourrait joindre à ces propriétés la *ductilité* et la *flexibilité*, propriétés d'une importance tout à fait secondaire et dont on ne tient presque jamais compte.

DENSITÉ.—La densité est un des meilleurs caractères spécifiques. Aussi le minéralogiste y a-t-il recours chaque fois qu'il veut classer définitivement un minéral. On sait que la densité d'un corps est le rapport du poids d'un certain volume de ce corps pesé à 0° au poids d'un égal volume d'eau pesé à 4° C. dans le vide. Les méthodes décrites dans tous les cours de physique sont celles qui servent aux minéralogistes.

Nous en joindrons une autre que nous empruntons à M. Pisani et qui peut dans certains cas, surtout pour les roches, rendre de véritables services, vu

C. J. N.
COLLEGE SAINT-VIATEUR

qu'on opère ici avec des morceaux pesant de une demi-livre à une livre.

Une cloche en verre, fig. 32, porte deux tubulures, une en *a* et l'autre latérale, on la renverse sur un trépied. A la tubulure latérale est adapté un tube recourbé et à l'ouverture inférieure un tube à robinet *a*. On verse une certaine quantité d'eau dans la cloche et on marque au moyen d'une bande de papier *d* le niveau du liquide dans le tube latéral. Pour prendre la densité du minéral, on le pèse à une balance ordinaire, puis on le plonge dans le vase au moyen d'un fil ; comme le niveau s'est élevé dans la cloche on fait écouler l'eau dans une éprouvette graduée en centimètres cubes, jusqu'à ce qu'on ait rétabli le premier niveau. Le volume en centimètres qui se trouve dans l'éprouvette graduée donne en grammes le poids de l'eau déplacée et permet de calculer la densité.



Fig. 32.

Fig. 32.—Appareil pour déterminer la densité des roches.

CHAPITRE SEPTIEME.

Propriétés magnétiques, électriques et organoleptiques.

Propriétés magnétiques et électriques.—Les minéraux magnétiques sont ceux qui agissent sur l'aiguille aimantée. Il y en a très peu. Quelques minérais de fer sont à peu près les seuls à jouir de cette propriété. Toutefois certaines substances riches en fer deviennent magnétiques après qu'on les a chauffées au chalumeau. On appelle *aimants* les minéraux qui ont des pôles parfaitement localisés, et substances *magnétiques* celles qui agissent indifféremment sur les deux pôles de l'aiguille aimantée.

De tous les caractères minéralogiques on peut dire que l'électricité est peut-être celui auquel on a recours le plus rarement. Quelques minéraux s'électrisent par le frottement, d'autre par la simple compression, d'autres par le clivage. Le cas qui offre le plus d'intérêt est celui de minéraux s'électrisant chaque fois qu'ils changent de température. Cette propriété particulière a reçu le nom de *pyro-électricité.* La polarité électrique durant le refroidissement est toujours de nom contraire à celle de l'échauffement. La Tourmaline et la Calamine sont deux minéraux éminemment pyro-électriques.

Propriétés organoleptiques.—Elles sont de quatre espèces. 1° *Action sur le toucher.* C'est ainsi qu'on parle de minéraux *onctueux, gras* comme le Talc, *rudes* au toucher comme la pierre ponce. Les minéraux bons

conducteurs de la chaleur produisent, lorsqu'on les touche, une impression de froid plus grande que celle des mauvais conducteurs. Le Quartz paraît toujours plus froid que le verre.

2° *Happement à la langue.* Quelques corps adhèrent à la langue parce qu'ils absorbent l'humidité de cet organe. On dit alors qu'ils *happent* à la langue, exemple : l'Ecume-de-mer, certaines Argiles.

3° *Saveur.* Caractère applicable uniquement aux substances solubles. On distingue la saveur *acide, piquante :* Sel ammoniac ; la saveur *salée :* Sel marin ; la saveur *fraîche :* Nitre ; la saveur *astringente :* Alun ; etc.

4° *Odeur.* Quelques minéraux ont une odeur propre : Soufre ; d'autres une odeur accidentelle, qu'ils doivent à la présence de matières étrangères et qui peut se manifester de diverses manières. Ainsi, quelques Calcaires donnent par le frottement une odeur fétide ; certains minéraux terreux donnent par l'insufflation une odeur argileuse.

CHAPITRE HUITIEME.

Propriétés optiques.

On peut rapporter toutes les propriétés optiques à six titres principaux : l'éclat, la couleur, la transpa-

rence, la réfraction, la polarisation et la phosphorescence.

Eclat.—C'est la manière spéciale dont un corps renvoie une espèce de rayons lumineux. Deux corps pourront avoir la même couleur, c'est-à-dire, renvoyer à l'œil la même espèce d'ondes lumineuses et avoir cependant des éclats différents. Ainsi la Pyrite de fer et le Soufre sont jaunes tous les deux, mais leur éclat n'est pas le même.

On définit l'éclat d'un minéral en le comparant à l'éclat d'une substance bien connue. Tels sont : l'éclat métallique : métaux natifs, Pyrite ; l'éclat métalloïde ou imparfaitement métallique : Anthracite, Hypersthène ; l'éclat adamantin à reflets vifs et étincelants : Diamant ; l'éclat vitreux : Quartz ; l'éclat résineux, gras, nacré, etc. L'éclat *mat* est celui des minéraux qui n'ont pas d'éclat bien marqué. L'apparence en est sombre, terreuse.

Couleur.—Les principales couleurs sont bien définies ; mais comme elles sont susceptibles de beaucoup de nuances, la couleur d'un minéral tire son nom de celle d'objets parfaitement connus. Ainsi on dit : jaune d'or, jaune serin, rouge carmin, rouge sang, rouge brique, gris de plomb, blanc d'argent, blanc de neige, vert d'émeraude, etc.

Plusieurs minéraux ont une couleur qui leur est propre et qui par conséquent est caractéristique : Soufre, Azurite. D'autres doivent leur couleur à des circonstances accidentelles et, dans ce cas, elle n'est plus un caractère spécifique, car dans une même espèce on trouvera un très grand nombre de teintes

différentes ; exemples : Fluorine, Apatite, Tourmaline.

Quelquefois on observe dans les minéraux des couleurs changeant suivant le sens dans lequel on les regarde. Ce phénomène est dû soit à des lamelles ou à des fibres qui se trouvent à l'intérieur, soit à des fissures, soit à des commencements d'altération. On dit alors que le minéral est chatoyant ou irisé : Labradorite, Œil-de-chat, Opale, Oligiste.

La couleur de la poussière est souvent plus importante à connaître que celle de la masse. Le moyen qu'on emploie pour s'en assurer, consiste à frotter le minéral sur un morceau de porcelaine dégourdie, ou bien à le racler avec un couteau ou une pointe de diamant.

On appelle *polychroïsme* la propriété qu'ont certains minéraux de présenter diverses teintes, suivant qu'on les regarde en différents sens : Epidote, certaines variétés de Fluorine.

Astérisme. On désigne sous le nom d'astérisme des formes étoilées que l'on voit lorsqu'on regarde un minéral dans certaines directions particulières, soit à la lumière réfléchie, soit à la lumière transmise. Cette particularité est remarquable dans quelques variétés de Saphire et dans des échantillons de Mica venant de South Burgess. Chez ce dernier l'astérisme est dû à la présence d'une foule de petits cristaux de mica bi-axe, suivant Des Cloizeaux, rangés symétriquement par rapport aux axes cristallographiques (fig. 29, *b*).

TRANSPARENCE.—Bon nombre de minéraux sont

transparents lorsqu'ils sont purs. Le mélange de substances étrangères les rend translucides, même complètement opaques si ces substances sont en assez grande proportion. Cependant tous les minéraux réduits en lames minces sont au moins translucides, sauf les minérais des métaux lourds, qui, même dans une tranche excessivement mince, paraissent toujours tout-à-fait opaques.

Réfraction.—C'est surtout pour l'étude de la réfraction et de la polarisation de la lumière par les cristaux que la distribution des six systèmes en trois groupes offre de très grands avantages.

La réfraction est la déviation qu'éprouve un rayon lumineux par le passage d'un milieu dans un autre de densité différente. L'indice de réfraction est le rapport du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction. Enfin, il y a réfraction simple, si à un rayon incident correspond un seul rayon réfracté ; réfraction double, si à un rayon incident correspondent deux rayons réfractés.

Cela posé, nous disons que dans les cristaux du premier groupe, il y a réfraction simple et indice de réfraction constant. Ces cristaux se comportent absolument comme les substances amorphes. Les cristaux du second groupe, ou à axe principal, sont biréfringents. On constate facilement la double réfraction dans un rhomboèdre de Spath d'Islande, en le posant sur une feuille où l'on a tracé une ligne noire ; cette ligne paraît double, et les images sont d'autant plus écartées que le cristal est plus épais. L'un des rayons réfractés suit les lois de la réfrac-

tion simple, c'est le rayon ordinaire ; l'autre ne suit pas ces lois, c'est le rayon extraordinaire. Quand l'indice de réfraction du rayon extraordinaire est plus grand que celui du rayon ordinaire, le cristal est dit *positif*, il est *négatif* quand le contraire a lieu.

On appelle axe optique dans une substance biréfringente, toute direction où les deux rayons réfractés ne se séparent pas, toute direction suivant laquelle la réfraction parait être simple. Dans les cristaux du second groupe, il y a un axe optique qui se confond avec l'axe principal de cristallisation.

Dans les cristaux du troisième groupe la réfraction est toujours double, mais, des deux rayons réfractés, aucun ne suit régulièrement les lois de Descartes ; les deux sont donc extraordinaires. On rencontre dans ces cristaux deux axes optiques qui font entre eux un angle pouvant varier de quelques minutes à près de 90°. En général, cet angle est constant pour une même espèce minérale.

Polarisation.—Pour l'étude des propriétés polarisantes des minéraux, on se sert des divers systèmes d'analyseurs et de polarisateurs qui sont décrits dans les traités de physique. Tels sont : l'appareil de Noremberg, la pince à tourmaline, le microscope polarisant, etc.

Tous les corps du premier groupe ne polarisent qu'incomplètement la lumière. Ils agissent absolument comme le verre et autres substances amorphes. Au contraire, tous les cristaux biréfringents polarisent complètement la lumière. Les deux rayons réfractés sont toujours polarisés et à angle droit. De

là un moyen bien simple de s'assurer si une substance est ou n'est pas biréfringente. On l'introduit entre l'analyseur et le polarisateur d'un appareil quelconque, ceux-ci étant croisés : si le champ reste obscur, quelle que soit la position de la lame interposée, celle-ci est monoréfringente ; si le champ s'illumine, la substance est biréfringente.

De plus, quand on regarde avec un analyseur, de la lumière polarisée qui a traversé, suivant un axe optique, une lame biréfringente appartenant à un cristal du second groupe, on voit une série d'anneaux concentriques circulaires, traversés par une croix qui est noire, si les plans de polarisation de l'analyseur et du polarisateur sont rectangulaires, et blanche si ces plans coïncident. C'est là un moyen sûr de reconnaître les minéraux qui appartiennent au système hexagonal ou quadratique. Les cristaux qui se comportent ainsi sont dits cristaux *à un axe*.

Dans le troisième groupe, le phénomène qu'on observe en regardant un rayon polarisé, comme nous l'avons indiqué pour les cristaux du deuxième groupe, est un peu différent. C'est un système d'anneaux elliptiques, traversés par une barre noire ou blanche, suivant la position relative de l'analyseur et du polarisateur. Lorsque les deux axes optiques font un angle tellement faible qu'on peut embrasser à la fois ces deux axes dans le champ de vision, les systèm d'anneaux de chacun d'eux empiètent l'un su l' tre, il en résulte une lemniscate traversée branches d'hyperboles. Selon la position d l'ana lyseur et du polarisateur, ces branches seront di tinctes, ou se toucheront par leur milieu pour former

comme une croix à bras inégaux. La présence de deux axes optiques dans les cristaux du troisième groupe leur fait donner le nom de cristaux *à deux axes.*

Les substances biréfringentes, mises entre l'analyseur et le polarisateur, non seulement transmettent la lumière, mais encore la colorent en teintes qui sont souvent d'une grande richesse. Le microscope polarisant peut ainsi servir à identifier des espèces minérales par l'examen de leurs propriétés optiques, vu qu'il permet de trouver le système cristallin auquel elles appartiennent.

On peut de cette manière distinguer assez facilement les feldspaths orthoclases des feldspaths plagioclases, distinction très difficile à établir autrement, à moins de recourir à l'analyse chimique.

Polarisation rotatoire. On a remarqué que certaines substances font tourner à droite ou à gauche le plan de polarisation d'un rayon de lumière polarisée qui les traverse dans la direction de leur axe optique. De là la distinction entre cristaux *dextrogyres* et *lévogyres.* On donne à ce phénomène le nom de *polarisation rotatoire.* C'est ce qui fait qu'une plaque de Quartz, bien qu'appartenant au second groupe cristallin, ne laisse voir de croix dans la lumière polarisée, qu'à la condition d'être très mince. Le quartz est dextrogyre dans certains échantillons, et lévogyre dans d'autres.

La phosphorescence est la propriété d'émettre des rayons lumineux à une température inférieure à 400 ou 500 degrés. On la provoque de diverses manières : par l'insolation, ou exposition à la lumière solaire,

par la percussion, par le clivage, comme dans certaines variétés de Mica, par le frottement et par l'élévation de température. Le Spath-fluor émet une lueur phosphorescente très vive lorsqu'on le projette sur une surface chauffée à 200 ou 300 degrés. Mais après cela, il lui faut une exposition assez longue à la lumière solaire pour qu'il reprenne ses propriétés phosphorescentes. Le diamant est éminemment phosphorescent par insolation.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PROPRIÉTÉS RÉFRINGENTES ET POLARISANTES DES MINÉRAUX.

	Réfraction.	*Polarisation.*
I GROUPE.	Réfraction simple. Indice constant.	Polarisation partielle, comme dans les substances amorphes.
II GROUPE.	Réfraction double. Un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. Un axe optique.	Les deux rayons réfractés complètement polarisés à angle droits. Anneaux colorés traversés par une croix noire ou blanche.
III GROUPE.	Réfraction double. Deux rayons extraordinaires. Deux axes optiques dont l'angle varie d'une espèce à l'autre.	Polarisation complète des deux rayons réfractés comme dans le II groupe. Anneaux elliptiques traversés par une ligne courbe, noire ou blanche.

CHAPITRE NEUVIEME.

Dilatabilité, conductibilité.

Dilatabilité.—En donnant plus haut l'énoncé de la loi de Romé de Lisle relative à la constance des angles, on a ajouté que les découvertes de Mitscherlich ont prouvé que ces angles ne sont rigoureusement constants, dans les formes qui admettent différentes valeurs d'angle, qu'à la condition de les mesurer à la même température. La cause en est que plusieurs cristaux ne se dilatent pas également dans tous les sens. Certains axes cristallographiques se dilatent plus que les autres. Dans les cristaux du premier groupe toutefois la dilatation est parfaitement régulière ; mais dans ceux du second et du troisième groupe, l'allongement est irrégulier. Cette différence dans la dilation est toujours très petite. Pour un rhomboèdre de calcaire, Mitscherlich a trouvé une différence de 8′ 37″ pour les mêmes angles mesurés à 0° et à 100°.

Conductibilité.—Le pouvoir conducteur des cristaux est soumis à des variations analogues, jusqu'à un certain point, à celles de la dilatation. Dans les cristaux du premier groupe, en supposant que l'on chauffât le centre du cristal, la surface de l'onde thermique serait celle d'une sphère régulière. Dans ceux du second groupe, la chaleur se propage plus facilement dans certaines directions, ce qui donne à l'onde thermique la forme d'un ellipsoïde de révolu-

tion. Dans ceux du troisième groupe, l'onde thermique a une forme encore plus irrégulière. L'onde thermique a toujours même forme que l'onde lumineuse, et les rayons de chaleur sont polarisés comme les rayons lumineux.

Pour étudier cette conductibilité des minéraux, on taille des lames cristallines suivant différentes directions, on les recouvre d'une mince couche de cire vierge, on chauffe le centre au moyen d'une broche métallique et on examine si la couche de cire fond également vite dans tous les sens. On voit ainsi que la fusion se fait en forme de cercle ou d'ellipse suivant le système du cristal qui a fourni la lame et suivant le sens dans lequel elle a été taillée.

M. Jannettaz, qui s'est occupé beaucoup de cette question dans ces derniers temps, a démontré que, dans les cristaux clivables du deuxième et du troisième groupe, le grand axe de l'ellipse est toujours parallèle au plan du clivage le plus facile.

LIVRE DEUXIÈME.

MINÉRALOGIE CHIMIQUE.

Propriétés chimiques.—Parmi les éléments reconnus en chimie, quelques-uns se trouvent parfois à l'état natif, par ex., le Soufre, le Fer, le Cuivre, etc.; mais le plus souvent, ces éléments sont combinés en diverses proportions. Et alors, vu la grande variété de circonstances où se trouvent les minéraux dans la nature, il est très rare que ces combinaisons présentent la même netteté et la même simplicité qu'elles ont dans les laboratoires. De là pour le minéralogiste une double difficulté : celle de déterminer la composition du minéral et celle de le classer. Lorsque plusieurs minéraux sont mélangés mécaniquement, il suffit d'isoler chacun des composants et d'en faire l'analyse séparément, mais cela est souvent impossible.

Dans tous les cas, l'étude de la composition chimique des minéraux comprend deux phases. Une première, l'analyse *qualitative*, où il s'agit de savoir quels sont les éléments combinés ensemble; une seconde, l'analyse *quantitative*, où l'on recherche les proportions relatives de ces éléments. La première suffit le plus souvent, s'il s'agit d'un minéral déjà

connu. Il faut avoir recours à la seconde, si on trouve une composition qualitative nouvelle, ou si on observe dans un minéral des propriétés physiques ne correspondant pas à celles d'une espèce déjà décrite.

CHAPITRE PREMIER.

Analyse qualitative par voie sèche.

Ces essais sont de la plus haute importance, car ils permettent de déterminer en quelques instants à l'aide de réactifs peu nombreux, les éléments d'une foule de minéraux. Nous empruntons les détails suivants, en grande partie, à l'excellent ouvrage de M. Pisani.

Les instruments nécessaires pour ces essais sont : un chalumeau, une pince à bouts de platine, des fils de platine, une cuiller de platine, une lame de platine, un marteau, un mortier d'agate, un tas en acier, des tubes de verre, des verres de montre, un barreau aimanté, une loupe, un verre bleu coloré par le cobalt. * Quant au combustible, on peut employer

---

* Il serait à souhaiter que le Professenr mît sous les yeux de ses élèves ces divers objets, en leur indiquant plus en détail l'usage que l'on en fait.

une bougie, une lampe à alcool ou mieux le gaz d'éclairage ordinaire.

Les réactifs sont : borax, sel de phosphore, soude, nitre, cyanure de potassium, bisulfate de potasse, nitrate de cobalt, acide sulfurique, acide chlorhydique, fluorure de calcium, fluorure d'ammonium, chlorure de calcium, oxyde de cuivre, papier de tournesol et de curcuma.

Dans l'analyse au chalumeau, on commence par essayer la fusibilité, puis on procède aux différents essais énumérés plus loin.

Quand on dirige le courant d'air du chalumeau sur une flamme, celle-ci est déjetée de côté, fig. 33. Cette flamme, plus chaude que la flamme d'une bougie ordinaire, renferme deux parties distincte, une zône extérieure *o*, d'un bleu très pâle, dans laquelle se fait la combustion des vapeurs combustibles de la bougie au contact de l'oxygène de l'air. C'est la flamme *oxydante*. En dedans est une cône plus court *r*, d'un bleu plus foncé, dans lequel l'oxygène de l'air n'a pas accès. Il est formé uniquement des vapeurs combustibles, qui sont chauffées à une haute tempé-



Fig. 33.

Fig. 33.—Action du chalumeau *c* sur la flamme d'une bougie. Flammes oxydante *o* et réduisante *r*.

rature. Le carbone, l'hydrogène de ces vapeurs réduisent les oxydes métalliques qu'on plonge dans cette partie de la flamme. Voilà pourquoi on l'a appelée flamme *réduisante*.

Pour apprécier le degré de fusibilité d'un minéral, M. Kobell a imaginé une échelle de fusibilité analogue à l'échelle de dureté et qui se compose des six minéraux suivants : 1. Stilbite, 2. Mésotype, 3. Grenat almandin, 4. Actinote, 5. Orthose, 6. Bronzite. Les deux premiers fondent dès qu'on les introduit dans la flamme ; le troisième fond même en fragments assez gros sous l'action du dard du chalumeau ; le quatrième et le cinquième ne fondent qu'en éclats très minces ; le sixième *s'arrondit* à peine à la pointe des éclats les plus minces.

Pour étudier la fusibilité d'un minéral, on en prend un éclat très mince entre les extrémités des pinces de platine, et on observe si la fusion a lieu et de quelle manière elle se fait ; si c'est tranquillement ou avec boursouflure, bouillonnement ; si la masse fondue a l'aspect d'un verre, d'un émail ; si elle est bulleuse ; si elle change ou non de couleur, etc. Puis on passe aux essais suivants.

Essais dans le matras.—On laisser tomber la matière à étudier au fond du matras, puis on chauffe graduellement dans la flamme seule et enfin à l'aide du chalumeau. On observe s'il y a dégagement d'eau, ce qui arrive pour les hydrates. A l'aide du papier à réactif on voit si cette eau est neutre, acide ou basique. On remarque encore s'il se dégage des gaz, et quels ils sont. Quelquefois il y a formation d'un sublimé. On remarque avec soin la nature de ce sublimé.

Certaines combinaisons d'arsenic, d'antimoine, de mercure, de tellure, de sélénium, le soufre ainsi que les sels d'ammoniaque, donnent des sublimés ordinairement caractéristiques par leur couleur ou leur aspect. Les matières organiques donnent aussi des sublimés, liquides ou solides, ordinairement avec des dépots de charbon. Pour avoir le sublimé de mercure ou d'arsenic, il faut souvent mélanger la matière avec de la soude. Pour certains composés arsénicaux, il suffit d'ajouter une esquille de charbon. On reconnait les azotates en les chauffant avec du bisulfate de potasse; il y a dégagement de vapeurs rutilantes. L'ammoniaque se reconnait à son odeur caractéristique qui devient sensible lorsqu'on chauffe le composé avec un fragment de potasse.

Essais dans le tube ouvert.—Ce tube peut avoir quatre ou cinq pouces, il est légèrement courbé au milieu. C'est dans cet endroit qu'on met la substance à examiner et on chauffe. L'odeur qui se dégage est souvent caractéristique. Odeur sulfureuse : sulfures ; odeur d'ail : arséniures ; odeur de raifort : séléniures. Il se forme encore un sublimé qu'il est important de bien examiner.

Essais sur le charbon.—On ne se sert que de charbon de bois. Il doit être compact et parfaitement cuit. Au moyen d'une fraise ou d'un couteau, on y pratique une petite cavité où l'on met la substance à essayer. Puis on chauffe graduellement en notant scrupuleusement tous les phénomènes.

La matière fondra ou restera infusible. On remarquera si elle change de couleur, si elle dégage une odeur, si elle devient alcaline dans le feu de réduction. Les oxydes de fer donnent une masse qui agit sur une aiguille aimantée. La couleur de l'enduit qui entoure l'essai est aussi caractéristtque. Jaune à chaud, blanc à froid : zinc ; jaune brun : cadmium ; jaune avec grain métallique malléable : plomb ; jaune, grain métallique cassant : bis-

muth ; blanc, grain métallique cassant : antimoine : grain métallique sans enduit : or, argent, étain.

ESSAIS À LA SOUDE.—On opère comme ci-dessus après avoir ajouté un peu de soude desséchée à la substance à essayer. Les réactions que nous venons de décrire se font alors beaucoup plus facilement.

De plus le manganèse donne une masse verte; le chrome et le vanadium, une masse jaune. Cette réaction se fait mieux en ajoutant un peu de nitre et en chauffant sur une lame de platine ou dans une coupelle d'os. Les sulfates donnent toujours un hépar qui tache en brun une lame d'argent humectée d'une goutte d'eau. La soude sert encore à désagréger les silicates dans la cuiller de platine.

ESSAIS PAR LA COLORATION DE LA FLAMME.—On prend la matière en éclats minces avec les pinces à bout de platine, ou, lorsqu'elle est en poudre, avec un fil de platine, et on chauffe à l'extrémité de la flamme de réduction. On remarque avec précaution la teinte que prend la flamme. On regarde tantôt à l'œil nu, tantôt à travers un verre de cobalt.

Coloration rouge.—Strontiane, chaux et lithine, surtout si, après avoir chauffé fortement, on humecte d'une goutte d'acide chlorhydrique. Si ces bases sont mélangées, on voit la coloration rouge jaunâtre de la chaux d'abord, puis la teinte pourpre de la strontiane ensuite. Un verre bleu de cobalt absorbe les colorations de la chaux et de la lithine, mais laisse voir celle de la strontiane.

Coloration jaune.—Soude ; coloration invisible à travers le verre bleu.

Coloration verte.—Les minéraux de baryte, chauffés très fortement et en très petite quantité à l'extrémité de la flamme réduisante, donnent une teinte vert jaunâtre, une goutte d'acide chlorhydrique favorise la réaction. Les minéraux cuivreux donnent une coloration vert d'émeraude ; s'il y a du chlore en présence,

on obtient une coloration d'un bleu bordé de pourpre. Les phosphates humectés d'acide sulfurique et présentés à la flamme, de manière à en toucher à peine les bords, donnent une coloration d'un vert bleuâtre très pâle. Pour les borates, on humecte d'acide sulfurique et on introduit dans la flamme sans souffler : coloration vert d'émeraude.

Coloration bleue.—La chlorure de cuivre colore la flamme en bleu bordé de pourpre. Cette propriété sert à faire reconnaître la présence du chlore dans un minéral. On sature d'oxyde de cuivre une perle de sel de phosphore, en ajoutant la matière chlorée on obtient la coloration du chlorure de cuivre. Les iodures, traités de la même manière, donnent une coloration vert d'émeraude, et les bromures une coloration bleu verdâtre, difficile à définir.

Coloration violette.—Les sels de potasse ; mais il faut regarder la flamme avec le verre bleu pour se débarrasser de la coloration de la soude qui existe presque toujours.

Essai des silicates.—Pour les silicates qui contiennent souvent plusieurs bases terreuses et alcalines, les couleurs caractéristiques ne sont pas visibles facilement. Il faut commencer par chauffer le silicate dans la cuiller de platine avec du fluorure d'ammonium. pour volatiliser le silicium ; la masse restante, humectée d'acide chlorhydrique, donnera les réactions. La coloration violette due à la potasse est d'une sensibilité extrême. Si le minéral contient de la lithine, on verra à l'œil nu la coloration rouge, puis au verre bleu la teinte pourpre de la potasse. Le chlorure de calcium ou de baryum peut remplacer le fluorure d'ammonium ; il suffit de faire un mélange du silicate et d'un de ces réactifs, de le prendre à l'extrémité d'un fil de platine et de l'introduire dans la flamme, même sans souffler, pour voir après quelques instants la coloration de la potasse. Ordinairement, le plus simple est d'humecter à plusieurs reprises le silicate avec une solution concentrée de chlorure de calcium et de l'introduire dans la flamme. Pour reconnaître l'acide borique, on chauffe le silicate, sur un fil de platine, avec un mélange de spath-fluor et bisulfate de potasse ; on obtient alors une coloration verte d'émeraude.

Essais au borax.—On fait une perle de borax à l'extrémité d'un fil de platine recourbé, puis on y dissout une *petite* portion de la substance à essayer. On doit observer avec soin les couleurs de la perle dans la flamme d'oxydation et de réduction, à chaud et à froid.

Voici les couleurs les plus caractéristiques. Minérais de fer : jaune plus ou moins foncé dans la flamme d'oxydation et vert bouteille dans la flamme de réduction. Minérais de manganèse : violet dans la flamme d'oxydation et incolore dans la flamme de réduction. Composés de chrome et de vanadium : vert dans les deux flammes Cobalt : bleu dans les deux flammes. Urane : jaune dans la flamme d'oxydation, vert à la flamme de réduction. Composés de cuivre : bleu à la flamme d'oxydation, rouge opaque à la flamme de réduction.

Le sel de phosphore donne des perles à peu près semblables au bor' x, sauf le vanadium qui donne une perle jaune à la flamme oxydante, et l'urane une perle verte à la flamme oxydante. Le silice ne se dissout pas dans ce sel, mais laisse un squelette qui nage dans la perle.

Le Nitrate de cobalt peut servir pour la détermination des bases terreuse. On humecte ces bases d'une goutte d'une dissolution de ce sel, puis on chauffe fortement.

L'alumine bleuit, la magnésie devient couleur de chair, et l'oxyde de zinc donne une masse verte. Ces réactions ont encore lieu avec plusieurs combinaisons de ces oxydes.

Le Spectroscope peut rendre de très grands services, surtout pour la détermination des bases alcalines.

Dans le cas des silicates, il faut commencer par éliminer la silice à l'aide du fluorure d'ammonium, puis on humecte d'acide

chlorhydrique. Comme les chlorures ne sont pas également volatils, on voit successivement les spectres des différents métaux. Signalons en passant les raies caractéristiques de ces [illegible]s alcalines. *Soude*, une raie jaune. *Chaux*, une raie verte et une raie rouge. *Lithine*, une seule raie rouge, plus éloignée que celle de la chaux. *Potasse*, une raie d'un rouge sombre, plus éloignée que celle de la lithine. *Strontiane*, une raie orangée très près de la raie du sodium, plusieurs raies rouges, une ligne bleue. *Baryte*, série de lignes vertes, très serrées les unes contre les autres. D'ailleurs le micromètre que porte tout spectroscope, permet de localiser rigoureusement ces lignes par rapport à le raie du sodium qui sert de point de repère.

CHAPITRE DEUXIEME.

Essais par voie humide.

Cette espèce d'analyse étant particulièrement du ressort de la chimie, nous en dirons peu de chose. Elle se pratique au moyen de réactifs liquides ou dissouts, qu'on fait agir sur la substance préalablement dissoute dans un liquide approprié. L'examen de l'action de l'eau sur le minéral, de l'action des acides, pourra rendre de grands services. On devra remarquer encore de quelle manière le minéral se dissout dans les acides, s'il y a effervescence, formation de gelée, etc.

Les fluorures se reconnaissent facilement en ce qu'ils laissent dégager l'acide fluorhydrique sous l'action de l'acide sulfurique.

Avec les tellurures, l'acide sulfurique donne, lorsqu'on chauffe doucement, une liqueur pourpre ou couleur hyacinthe, qui, par l'addition de l'eau, se décolore avec formation d'un précipité gris noir de tellure.

L'acide phosphorique sirupeux donne avec les tungstates une réaction très caractéristique. On chauffe les tungstates avec cet acide jusqu'à ce qu'il commence à émettre des vapeurs, on obtient un sirop d'un bleu foncé qui se décolore par l'addition de l'eau; en ajoutant alors de l'étain ou du fer en poudre, la coloration reparaît. Avec les minérais de manganèse, on obtient un sirop d'un beau violet, que le manganèse soit à l'état de protoxyde, ou de sesquioxyde. Lorsqu'il y a du protoxyde, la masse est incolore et devient violette par l'addition de l'acide azotique et en chauffant de nouveau. C'est là le meilleur moyen pour reconnaître le degré d'oxydation de ce métal.

Les minéraux qui résistent aux acides peuvent être attaqués par la fusion avec le carbonate de soude, au creuset de platine, ou avec la potasse au creuset d'argent. On reprend ensuite par l'acide chlorhydrique, sauf le cas des sulfures terreux que l'on traite par l'eau; on élimine la silice en évaporant à sec et en reprenant par l'eau acidulée, dans le cas des silicates. Enfin certains minéraux ne peuvent être attaqués qu'au bisulfate de potasse, et les composés de carbone ne s'attaquent que par la fusion avec le nitre qui les change en carbonate de potasse.

CHAPITRE TROISIÈME.

Analyse quantitative.

Cette analyse est extrêmement délicate et exige une grande pratique. Nous n'en dirons rien, ren-

voyant ceux qui désireraient se livrer à ce genre de recherches, aux traités spéciaux écrits sur cette matière.

Nous signalerons en terminant le système d'annotation employé souvent en minéralogie pour écrire les formules chimiques.

L'oxygène se représente par un point que l'on met au-dessus de l'élément oxygéné. Si ce gaz entre pour deux équivalents dans la combinaison, on mettra deux points. Ainsi, au lieu d'écrire CaO, CO, CO^2, on écrira $\dot{Ca}$, $\dot{C}$, $\ddot{C}$. Le soufre se représente par une virgule que l'on place comme le point de l'oxygène, $Fe\,S^2 = \overset{''}{Fe}$. Dans le cas des sesquioxydes, des sesquisulfures, le symbole du métal est traversé par une barre. $Al^2O^3 = \overset{\cdots}{\not{Al}}$. $Fe^2S^3 = \overset{'''}{\not{F}}e$.

LIVRE TROISIÈME.

MINÉRALOGIE DESCRIPTIVE.

Classification.

Tout arrangement méthodique qu'on peut faire entre différents corps est appelé classification. Ces arrangements consistent d'abord à réunir les substances en groupes étendus, grâce à des caractères généraux, puis à diviser ces groupes en d'autres plus petits, à l'aide de propriétés plus particulières ; de telle sorte qu'après une série quelconque de divisions et de subdivisions, on arrive à un groupe assez restreint, dont les parties composantes se ressemblent dans leurs principaux caractères, et qu'on appelle *espèce*. On donne le nom de *genre* à la réunion de plusieurs espèces voisines. Plusieurs genres réunis constituent une tribu ; puis, à un degré supérieur, sont placées les familles et les classes.

En minéralogie on peut dire qu'il n'y a pas de classification généralement adoptée. Chaque auteur suit le système qui lui va le mieux. C'est à peine s'il y a entente sur la définition de l'espèce.

ESPÈCE. — Beudant, se fondant sur ce que des corps qui diffèrent chimiquement ne peuvent évi-

demment pas être de même espèce, avait défini l'*espèce :* la collection des minéraux de même composition chimique, *i. e.*, composés des mêmes éléments et en même proportion. Mais cette définition, prise au pied de la lettre, est défectueuse ; car, suivant elle, l'Arragonite et la Calcite seraient de même espèce ; il en serait de même des minéraux Brookite, Rutile et Anatase. Comme ces espèces ne diffèrent que par l'arrangement de leurs molécules, il faut donc ajouter à la définition de Beudant la condition que les molécules réunies se trouvent arrangées entre elles de la même manière. Or, dans l'étude de la constitution des corps, on voit qu'assez souvent les molécules chimiques d'un corps se groupent ensemble deux à deux, trois à trois, pour former comme une seconde molécule qui a les mêmes propriétés chimiques que les molécules composantes, mais qui peut avoir des propriétés physiques différentes, et qu'on appelle pour cela molécule physique. De là on peut définir l'espèce minéralogique : *l'ensemble des corps qui ont même molécule chimique et même molécule physique.*

Les caractères distinctifs des espèces sont très nombreux, mais on peut mentionner en première ligne, la forme cristalline et la structure régulière, les couleurs propres, la réfraction simple ou double, la densité et la composition chimique.

VARIÉTÉS.—Les espèces minéralogiques sont peu nombreuses, mais en revanche, les variétés le sont beaucoup. Celles-ci sont fondées sur des différences dans les propriétés physiques secondaires, comme

les formes accidentelles, la structure irrégulière, la transparence, la ténacité, l'odeur, etc, Quelquefois encore, elles sont constituées par des mélanges de substances étrangères. Si la substance mélangée est en petite quantité, on a une variété *souillée*, le Quartz enfumé, la fausse Topaze. Si la substance étrangère est en grande quantité, la variété est plus spécialement dite variété de mélange, le Silex, la Calcédoine, par rapport au quartz. Dans certains cas même, le mélange présente un tel degré de constance qu'on en a fait comme une espèce véritable ; exemple : le Jaspe, qui, pour plusieurs minéralogistes, est une espèce voisine, mais distincte, du quartz.

Dans quel ordre énumérer ou grouper les espèces ? Les uns les groupent suivant les bases, les autres suivant les acides. La première méthode a plusieurs avantages au point de vue de l'étude pratique des minéraux ; mais il est presque impossible de classer les silicates de cette manière, à cause du très petit nombre d'éléments qui, réunis de diverses manières, forment ces minéraux si variés. La seconde manière semble plus logique, et d'après Beudant, Delafosse, et MM. DesCloizeaux, Adam et Pisani, nous classerons les espèces d'après le principe acide.

Relativement aux silicates, en désignant par R le métal quelconque de la base, nous verrons d'abord les silicates de R^2O^3 anhydres et R^2O^3 hydratés, puis les silicates de RO anhydres et de RO hydratés, puis les silicates de $R^2O^3 + RO$ anhydres et de $R^2O_3 + RO$ hydratés, enfin ceux qui contiennent d'autres éléments négatifs comme fluor, soufre, chlore, etc.

CLEF ANALYTIQUE.

Cette clef a été faite uniquement pour permettre à l'élève de déterminer facilement et avec un petit nombre de réactifs, les espèces minérales qui se rencontrent le plus souvent en Canada et qui ont une importance réelle, soit à cause de l'usage qu'on en fait, soit à cause des dépôts considérables qu'elles constituent. Dans quelques circonstances, la clef ne conduit qu'à un groupe d'espèces, comme les feldspaths et les micas ; l'élève alors déterminera facilement l'espèce au moyen des caractères que nous donnons en son lieu pour chacune d'elles. Les chiffres entre parenthèse renvoient au numéro d'ordre des espèces décrites dans cet ouvrage.

Cette clef ne s'applique qu'aux espèces minérales proprement dites. Les roches qui composent la plupart des lits géologiques n'y entrent pas. Nous en parlerons plus loin dans la géologie lithologique.

1 Eclat métallique ou métalloïde........................ 2
Eclat non métallique.. 12
2 Raye le verre, n'est pas rayé par la pointe d'un canif.. 3
Facilement rayé par la pointe d'un canif......... 5
3 Donne la réaction du soufre au chalumeau....... 4
Non ; poussière rouge sombre...*Fer spéculaire, Oligiste* (78)
poussière noire ou brune...*Fer titané* (79)
Sidérochrome (50)

4 Souvent cristallisé en cubes ; jaune bronze ..*Pyri-*
[*tes* (57)

Blanc d'étain : blanc d'argent..........*Mispikel* (52)

5 Malléable... 6

Non malléable.. 8

6 Dégage SO^2 sur le charbon..............*Argyrose* (65)

Non.. 7

7 Jaune d'or.......................................*Or* (87)

Blanc d'argent..............................*Argent* (85)

8 Structure lamellaire................................ 9

Structure compacte.................................. 11

9 Toucher gras, feuillets non élastiques............ 10

Feuillets élastiques ....*Micas* (22)

10 Densité 4.5..........................*Molybdénite* (56)

Densité 2.....................................*Graphite* (32)

11 Gris plomb ; se brisant sous le marteau en fragments cubiques..........................*Galène* (60)

Gris foncé ; non clivable...............*Argyrose* (65)

Jaune ; faiblement magnétique...*Pyrites magnéti-*
[*ques* (57)

Jaune bronze ou violet ; non magnétique... *Chal-*
[*copyrites* (62) *Philipsite* (63)

Noir ; perle violette au borax dans flamme oxydante...............................*Pyrolusite* (76)

Noir, ou jaune rouille, donne de l'eau dans le tube, magnétique après ignition.........*Limonite* (80)

Noir ; combustible...*Anthracite* (33) *Houille* (34)
[*Lignite* (35)

12 Raye le verre ; non rayé par la pointe d'un canif.. 13

Facilement rayé par la pointe d'un canif....... 20

13 Infusible...... 14
Fusible.. 16
14 Cristallisé en prismes hexagonaux...... *Quartz* (1)
Amorphe................................ 15
15 Ne donnant pas d'eau dans le matras... *Calcédoine,*
[*Jaspe, Silex* (1)
Donnant de l'eau............................ *Opale* (2)
16 Difficilement fusible ; deux clivages à peu près
rectangulaires............................ *Feldspaths* (15)
Facilement fusible.. 17
17 Cristaux cubiques ; éclat cireux ; rouge, pourpre,
brun.. *Grenat* (21)
Non.. 18
18 Couleur verte.............................. *Prehnite* (27)
Non.. 19
19 Cristaux hexagonaux ou triangulaires, assez volu-
mineux ; couleur noir ou brun foncé... *Tour-*
[*maline* (28)
Petits cristaux clinorhombiques ou masses fibreu-
ses ; souvent associés au calcaire métamorphi-
que ou aux éjections trappéennes...... *Amphi-*
[*boles* (7) *Pyroxènes* (8)
20 Poussière blanche ou peu colorée................ 21
Poussière colorée.. 31
21 Ne donnant pas d'eau dans le matras........... 22
Donnant de l'eau.. 26
22 Faisant effervescence à froid avec les acides........
[*Calcaire* (40) *Aragonite* (41)
Ne faisant pas effervescence à froid............... 23
23 Faisant effervescence à chaud... *Dolomie* (42) *Sidé-*
[*rose* (43)
Ne faisant pas effervescence à chaud... 24

24 Densité 4.4.............. ....*Barytine*
Densité au-dessous de 4.0........... 25
25 Infusible ; prismes hexagonaux souvent arrondis;
vert, rougeâtre..........................*Apatite* (53)
Fusible ; cristaux cubiques............*Fluorine* (73)
Fusible, clivable en lames minces et élastiques...
[*Micas* (22)
Très fusible, blanc translucide... .....*Cryolite* (72)
26 Cristallisé.. 27
Amorphe.. 29
25 Lamelles élastiques...... ... .*Micas* (22)
Lamelles non élastiques.................................. 28
28 Toucher gras......................................*Talc* (12)
Toucher doux ; donnant beaucoup d'eau dans le
matras...*Gypse* (69)
Lamelles vertes............................*Chlorite* (26)
29 Donnant beaucoup d'eau dans le matras...*Gyp-*
[*se* (69)
Donnant peu d'eau.. 30
30 Facilement rayé avec l'ongle...........*Stéatite* (12)
Plus dur.. *Serpentine*
31 Poussière brune, ou jaune brun................... 32
Poussière rouge, brune......... ....*Oligiste* (78)
Poussière verte..........................*Malachite* (45)
Poussière bleu............................*Azurite* (46)
32 Magnétique après ignition............*Limonite* (80)
Non....................... ....*Blende* (59)

SILICIDES.

1. Quartz.

Propriétés.—Système hexagonal ; le plus souvent sous forme de prisme hexagonal droit terminé par une pyramide à six pans, fig. 34 et 35. Parmi les nombreuses autres faces qui ont été observées dans le Quartz, citons la face rhombe *s* et la face plagièdre *x*, fig. 36 *a*. Elles sont hémiédriques, et leur position à droite ou à gauche de la face pyramidale *p* indique si le cristal est dextrogyre ou lévogyre.

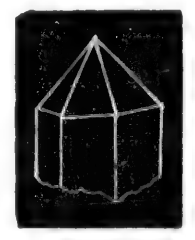


Fig. 34.

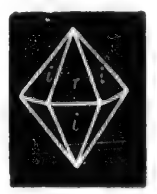


Fig. 35.

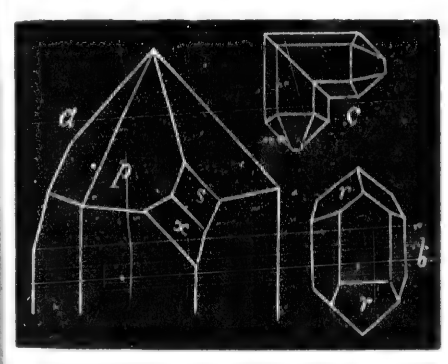




Fig. 36.



Fig. 37.

Fig. 34.—Extrémité d'un prisme de Quartz.
Fig. 35.—Double pyramide de Quartz.
Fig. 36.—Cristaux de Quartz modifiés ; macles.
Fig. 37.—Stries des faces latérales des cristaux de Quartz.

Les faces latérales sont toujours striées perpendiculairement aux arêtes, fig. 37. Le Quartz est très fréquemment maclé. Quand les macles ont lieu par pénétration mutuelle, on ne peut découvrir leur existence que par l'examen, dans la lumière polarisée parallèle, d'une tranche perpendiculaire à l'axe.

Clivage à peu près nul. Cassure conchoïdale. Transparent ou translucide. Double réfraction *positive.* Polarisation rotatoire. Eclat vitreux, résineux. Couleur variable. Dur. = 7.0. Dens. = 2.5 à 2.8. Infusible au chalumeau. Insoluble dans tous les acides, sauf l'acide fluorhydrique. Fondu avec la soude, bouillonne et donne un verre clair. Le Quartz renferme souvent des cavités pleines de gaz ou de différents liquides.

Composition.—Acide silicique, SiO^2.

Variétés.—Plusieurs variétés colorées ont reçu des noms. Blanc, limpide : *Quartz hyalin ;* violet : *Améthyste ;* brun grisâtre : *Quartz enfumé ;* rose : *rubis de Bohème ;* jaune : *fausse Topaze.*

L'*œil-de-chat* est une variété verdâtre, pénétrée d'Amianthe ; donne des reflets chatoyants lorsqu'il est taillé en cabochon.

La *Calcédoine* est un mélange de Quartz cristallin et amorphe. En masses botryoïdes, réniformes, stalagmitiques ; couleur variable. La variété rouge s'appelle *Cornaline ;* la brune, *Sardoine ;* le *Plasma* est vert olive ; la *Chrysoprase*, vert pomme ; l'*Héliotrope*, vert foncé avec taches rouge. L'*Agate* est une Calcédoine à couches concentriques colorées. Si les couleurs sont bien tranchées, on lui donne le nom

d'*Onyx.* Les nuances des Agates deviennent plus tranchées si on les fait bouillir dans l'huile d'abord, et ensuite dans l'acide sulfurique. C'est avec les Onyx que se fabriquent les *camées.* Le *Silex* est une Agate grossière.

Le *Jaspe* est un Quartz compacte mêlé d'oxyde de fer anhydre ou hydraté. Le *Quartz lydien* ou *pierre de touche* est un Jaspe noir. Le Jaspe est toujours opaque.

Gisement.—Le Quartz est excessivement répandu dans la nature. Il est un des éléments constitutifs d'une foule de roches : granite, gneiss, syénite, micaschistes, etc. Les beaux cristaux de Quartz ne manquent pas au Canada. On trouve au Lac Supérieur de jolies Améthystes.

Usages.—Le Quartz est employé pour la confection de divers instruments d'optique, des verres de lunette, ainsi que dans la bijouterie.

2. Opale.

Propriétés.—Amorphe. Cassure conchoïdale. Transparente ou translucide. Eclat vitreux, résineux. Couleur variée, quelquefois richement irisée. Dur. 5.5 à 6.5. Dens. 1.9 à 2.3. Donne de l'eau dans le matras ; décrépite au chalumeau ; plus ou moins soluble à chaud dans la potasse.

Composition.—Silice, plus 3 à 12 p. 100 d'eau.

Variétés.—*L'Opale de feu* est la plus précieuse. On appelle *Semi-opale* ou *Quartz résinite*, les variétés communes.

L'*Hydrophane* devient translucide lorsqu'on la mouille. La *Geyserite* est un dépôt fibreux de silice, qui se fait autour des Geysers.

Le *Tripoli* est constitué par les coquilles des diatomées et autres espèces microscopiques.

Gisement et usage.—L'Opale précieuse est une pierre recherchée. On la taille en cabochon. Elle vient surtout de la Hongrie et du Mexique. On trouve les Opales dans les cavités ou fissures des roches ignées, en rognons dans les lits argilleux, sous forme de bois pétrifiés, etc.

SILICATES DE R^2O^3 ANHYDRES.

3. Zircon.

Propriétés.—Système quadratique, fig. 38. Le prisme est terminé par les faces de l'octaèdre. On le rencontre souvent en grains irréguliers. Eclat vitreux, adamantin. Rouge hyacinthe, brun, jaune, gris, incolore. Dur. 7.5. Dens. 4.0 à 4.7. Infusible au chalumeau. Les variétés colorées se décolorent au feu. Insoluble dans les acides.

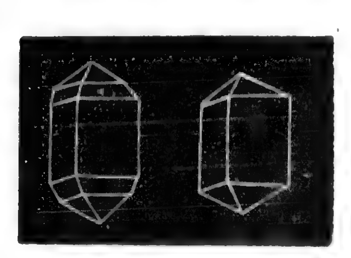


Fig. 38.

Composition.—Silicate de Zircone.

Fig. 38.—Cristaux de Zircon.

Variétés.—On appelle spécialement ***Hyacinthe*** la variété rouge transparente.

Gisement et usage.—On le trouve dans les roches granitiques et les basaltes, dans les alluvions, dans les schistes chloritiques, etc., en différentes localités des Etats-Unis et du Canada. Les plus beaux viennent de Ceylan et des monts Ourals. Les variétés limpides constituent une pierre précieuse d'une grande valeur.

4. Andalousite. *

Propriétés. — Prisme rhombique, presque carré. Translucide ou opaque. Eclat vitreux. Gris de perle, rouge de chair, brun rougeâtre. Dur. 7.5. Dens. 3.1. Infusible. Insoluble dans les acides. Bleuit à la réaction du nitrate de cobalt.

Composition.—Silicate d'alumine, $3Al^2O^3.2SiO^2$.

Gisement.—Se trouve dans les gneiss, les micaschistes.

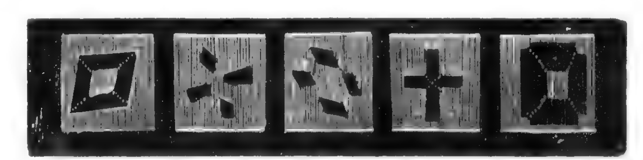


Fig. 39.

Variétés.—On appelle *Chiastolite* une variété maclée en croix, fig. 39. L'Andalousite est souvent altérée,

Le signe * indique les espèces qui ne sont pas comprises dans le Programme du Baccalauréat ès Arts de l'Université Laval.

Fig. 39.—Macles d'andalousite.

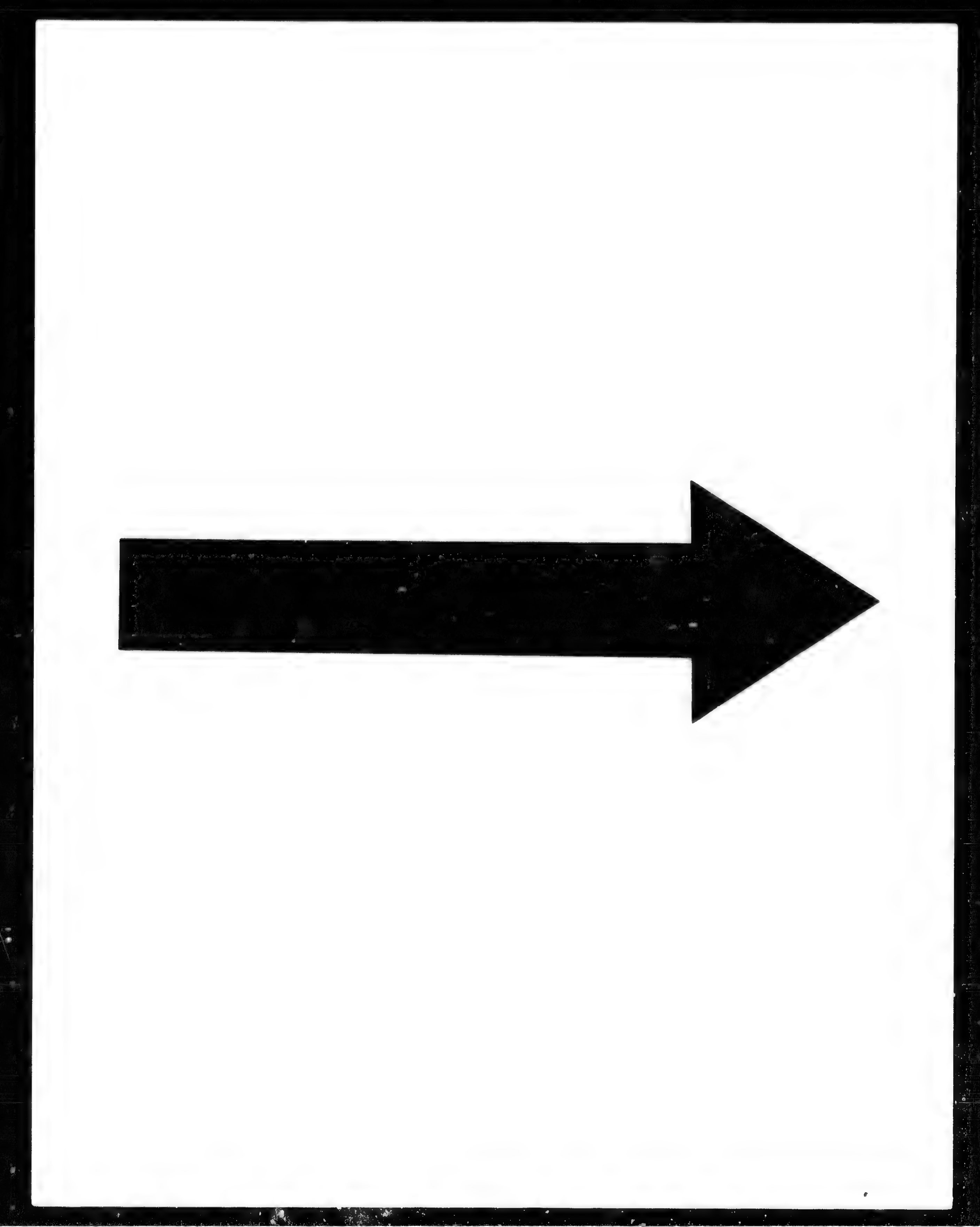
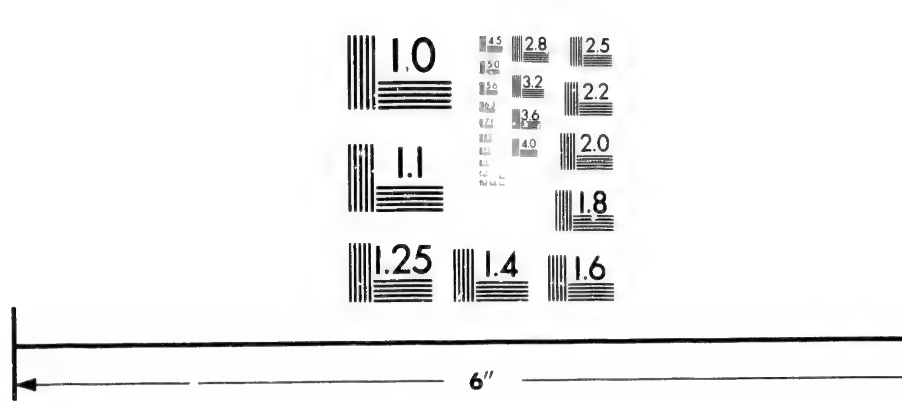


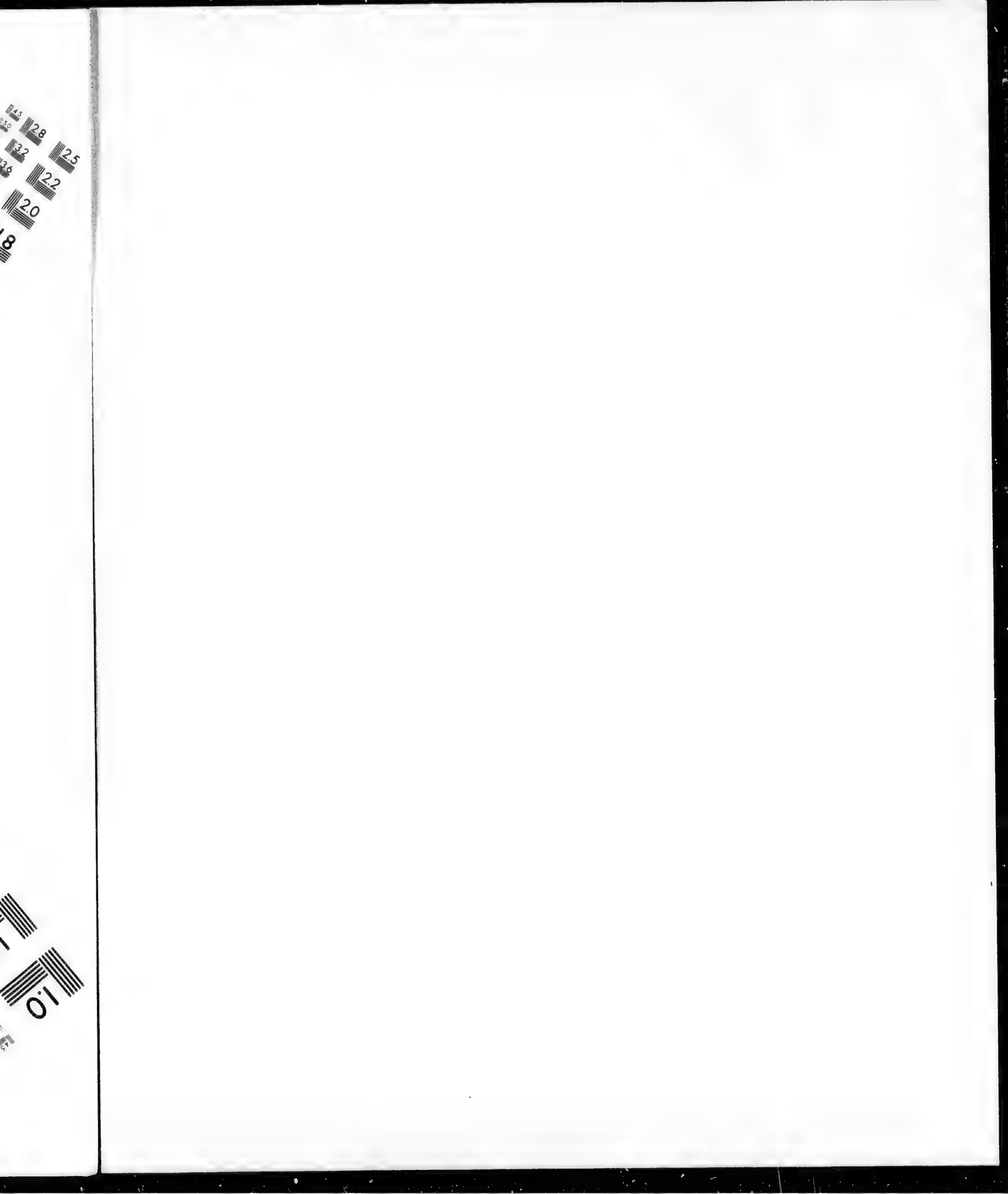


IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



Photographic Sciences Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503



partiellement transformée en une substance stéatiteuse.

5. Disthène ou Cyanite. *

Propriétés.—Anorthique. Deux faces de clivages de dureté différente ; c'est de là que lui vient son nom. Transparent ou translucide. Eclat nacré et vitreux. Blanc, souvent bleu. Dur. 5 sur une face et 6 sur l'autre. Dens. 3.58. Infusible au chalumeau.

Composition.—Silicate d'alumine, $3Al^2O^3,2SiO^2$.

Gisement.—Se trouve surtout dans les micaschistes.

SILICATES DE R^2O^3 HYDRATÉS.

6. Argiles.

Propriétés.—Masses compactes, happant plus ou moins à la langue, faisant pâte avec l'eau.

Composition.—Ce sont des silicates d'alumine hydratés, produits de la décomposition des Feldspaths et de quelques autres minéraux.

Espèces.—Kaolin, Terre à porcelaine. Prend peu de liant avec l'eau. Blanc jaunâtre. Dens. 2.4. Bleuit avec le nitrate du cobalt. Attaqué par l'acide sulfurique à chaud. Renferme souvent de la soude, de la magnésie, même du fer.

Se rencontre dans les pegmatites, les granites de diverses contrées, comme produit de décomposition. Sert à fabriquer la porcelaine.

Argile plastique.—Blanche, grise, jaunâtre. Happe fortement à la langue ; forme une pâte très plastique. Onctueuse, très tendre. Dens. 1.7 à 2.7. Infusible. Attaquable à chaud par l'acide sulfurique surtout après calcination.

Se rencontre en apondance dans les formations secondaires et tertiaires. On l'emploie pour la fabrication des faïences, des poteries, etc.

Argile smectique, Terre à foulon. Se délaye mal dans l'eau, absorbe facilement les corps gras. Onctueuse au toucher. Dens. 1. 7 à 2. 4.

Terre à brique.—Glaise ordinaire. Onctueuse. Prend beaucoup de liant avec l'eau. Renferme plus ou moins d'oxyle de fer qui la colore en rouge après la cuisson. Employée à fabriquer les briques et les poteries grossières.

Argiles ocreuses, ocres.—Colorées fortement par des sels de fer hydratés ou anhydres. Elles prennent différents noms suivant leur couleur. Les ocres contiennent assez souvent une proportion notable de sable, ce qui leur enlève toute valeur.

On trouve près de Québec, à Laval, à Stoneham, une terre blanche, très friable, employée comme pierre à polir. Bien qu'elle ressemble extérieurement aux argiles, elle est beaucoup plus riche en silice et se rapproche plutôt de la silice pure.

SILICATES DE RO ANHYDRES.

7. Amphiboles.

Propriétés.—Le nom Amphibole désigne plutôt un groupe qu'une espèce en particulier. Ce groupe est constitué par la *Trémolite*, l'*Actinote* et la *Hornblende*, ayant même forme cristalline, clinorhombique, fig. 40, et les mêmes clivages. Dur. 5.5. Dens. 2.9 à 3.4.

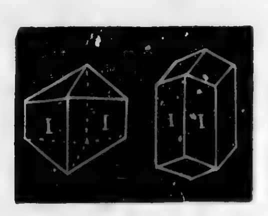


Fig. 40.

Composition.—Silicates de magnésie et de chaux avec des quantités variables de protoxyde de fer.

Trémolite. — Amphibole blanche. En prismes allongés. Cassure imparfaitement conchoïdale. Translucide. Eclat souvent nacré. Blanche, verdâtre, grise. Fusible au chalumeau avec bouillonnement en un verre blanc. Se rencondans les calcaires laurentiens, près des chûtes du Calumet et dans l'Etat de New-York. Le *Jade* est une trémolite compacte. Il sert à faire des vases qui nous vienne surtout de la Chine.

Variétés.—Cuir, liège, carton et autres *minérais de montagne, asbeste.*

Actinote.—Cristaux souvent radiés, fibreux. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Vert de diverses nuances. Renferme une proportion notable de protoxyde de fer qui lui donne sa couleur.

Hornblende.—Opaque en masse, translucide en lames minces. Noir ou vert foncé. Presque insoluble

---

Fig. 49.—Cristaux prismatiques d'Amphibole.

dans les acides. La proportion de protoxyde de fer y est plus grande que dans l'Actinote, aussi sa couleur est-elle plus foncée. Elle renferme de plus de l'alumine.

La Hornblende est très répandue, elle forme partie essentielle des syénites, diorites, etc.

8. Pyroxènes.

Propriétés.—Groupe qui a de grandes analogies avec les Amphiboles. Trois espèces : *Diopside*, *Sahlite*, *Augite*. Toutes ont même forme cristalline : clinorhombique, fig. 41. Ce qui les distingue des Amphiboles est la valeur des angles des faces latérales. Dans les premières, l'angle des faces I I égale 124° 11′ ; dans les pyroxènes cet angle égale 87° 5′. Voilà pourquoi les pyroxènes ont souvent l'apparence de prismes carrés. Dur. 5 à 6. Dens. 3.23 à 3.5.

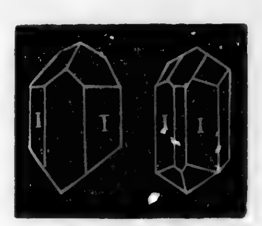


Fig. 41.

Diopside.—Prismes souvent maclés. Cassure conchoïdale ou inégale. Eclat vitreux. Incolore, blanc, vert, gris. Fusible en verre blanc. Insoluble dans les acides. $3(CaO,MgO),2SiO^2$. Le *Diallage* est un pyroxène feuilleté. Gris verdâtre ou foncé. Eclat nacré, quelquefois métalloïde Dur. 4. Commun dans les roches serpentineuses.

Fig. 41.—Cristaux de pyroxène.

Sahlite.—Gris verdâtre ou vert foncé. Cristallin, ou en masse granulaire. Renferme un peu de protoxyde de fer, comme l'Actinote.

Augite.—Cristaux souvent maclés. Fusible en verre noir. Contient une forte proportion d'alumine et de protoxyde de fer. Se trouve dans toutes les roches volcaniques. Les dolérites des environs de Montréal, à Rougemont, Montarville, etc., contiennent souvent des cristaux d'Augite.

La *Bronzite* est une espèce voisine des pyroxènes.

9. Hypersthène. *

Propriétés.—Système rhombique. Opaque en masses. Eclat nacré ou métalloïde sur les plans de facile clivage ; souvent à reflets rouge cuivre. Noir grisâtre ou verdâtre, vert. Dur. 5.6. Dens. 3.3. Fusible en verre noir, magnétique. Insoluble dans les acides.

Composition.—Silicate de magnésie et de protoxyde de fer.

Gisement.—Très commun dans certaines roches laurentiennes ; au Château-Richer.

10 Péridot ou Olivine. *

Propriétés.—Système rhombique. Cassure conchoïdale. Eclat vitreux. Vert, jaune, brun. Dur. 6.5. Dens. 3.3. Fait gelée avec les acides. Infusible.

Composition.—$3MgO,SiO^2$, la magnésie pouvant être remplacée en partie par du protoxyde de fer.

Gisement.—Se rencontre dans les roches volcaniques de Montréal, Rougemont. Quelquefois employé en bijouterie.

SILICATES DE RO HYDRATÉS.

11. Magnésite.

Propriétés.—Ce minéral est souvent appelé *Ecume de mer*. Compacte, terreuse. Opaque, blanche. Douce au toucher. Happe à la langue. Dur. 2. Dens. 1.2 à 1.6. Donne de l'eau dans le matras et noircit. Difficilement fusible en émail blanc. Se colore en rose par la réaction du cobalt. Attaquable par l'acide chlorhydrique.

Composition.— Silicate de magnésie hydraté.

Gisement et usage.—Se trouve dans l'Asie Mineure et en Grèce. Sert à fabriquer-les pipes.

12. Talc.

Propriétés.—Lames hexagonales ; clivage très facile parallèlement à la base et paraissant provenir d'un d'un prisme rhomboïdal droit. Translucide. A travers une lame de clivage on voit au microscope polarisant deux axes optiques peu écartés. Eclat nacré. Blanc, verdâtre ou gris. Flexible non élastique. Rayé par l'ongle. Très onctueux. Dur. 1. Dens. 2.7. Fond à peine sur les bords. Coloration rose au cobalt. Inattaquable par les acides.

Composition.—Silicate de magnésie hydraté ; contient souvent un peu d'oxyde de fer et d'alumine.

Variétés.—La *Stéatite* est une variété compacte de Talc. Sous le nom de *Craie de Briançon*, elle sert aux tailleurs comme pierre à tracer. S'emploie aussi en

poudre pour diminuer les frottements. La *Pierre ollaire* tient la milieu entre le Talc et la Serpentine. On en fait des calorifères et des vases pour la cuisson des aliments.

Gisement.—Le Talc est rare dans les terrains laurentiens, mais se rencontre fréquemment dans les terrains siluriens des Cantons de l'Est, en amas puissants, dans le voisinage des Serpentines.

13. Serpentine.

Propriétés.—Masses compactes ou fibreuses. Cassure conchoïdale, écailleuse ou inégale. Translucide ou opaque. Eclat faiblement résineux ou gras. Vert foncé ou pâle, jaune, grise, brune. Dur. 3. Dens. 2.4.-2.6.

Noircit dans le matras et donne de l'eau. Fond à peine sur les bords. Coloration rose au cobalt. Attaquable par l'acide chlorhydrique sans faire de gelée.

Composition.—Silicate de magnésie plus hydraté que le Talc. Renferme souvent du protoxyde de fer.

Variétés.—Les *Serpentines nobles* sont translucides, les *communes* sont opaques et ont des teintes plus pauvres. Les premières servent à divers ornements.

Gisement.—On trouve la Serpentine en abondance dans nos roches laurentiennes. Elles sont extrêmement rares dans les terrains huroniens. Mais dans les lits siluriens métamorphisés des Cantons de l'Est, elles forment de véritables montagnes. On trouve ces masses sillonnées souvent par des veines de *Chrysotile* fibreuse, à fibres perpendiculaires aux lèvres de

la veine. C'est ce dernier minéral qu'on exploite sous le nom d'*Asbeste* ou d'*Amiante*. La véritable Asbeste est une Trémolite fibreuse. La *Chrysotile* n'est qu'une Serpentine fibreuse. Cette exploitation prend une importance plus grande de jour en jour. On exporte le minéral à l'étranger où il est employé à une foule d'usages.

14. Calamine.

Propriétés.—Système rhombique. Cristaux toujours petits, aplatis et striés parallèlement à l'axe. Eclat vitreux, presque adamantin. Incolore, blanche, brune, bleu, verte. Dur. 5. Dens. 3.3-3.5. Pyroélectrique. Donne de l'eau dans le matras. Presque infusible. Bleuit au cobalt. Fait gelée avec les acides.

Composition.—Silicate de zinc hydraté.

Employé pour l'extraction du zinc dont elle est un des meilleurs minérais. Les célèbres usines de la Vieille-Montagne, en Belgique, exploitent presque exclusivement la Calamine.

SILICATES DE R^2O^3+RO ANHYDRES.

Feldspaths.

On groupe sous le nom de Feldspath plusieurs espèces qui ont entre elles une telle analogie qu'il

est souvent difficile de les distinguer les unes des autres. Voici leurs caractères communs. Dens. 2.7. Dur. 6 à 7. Fusibilité, 3 à 5 ; système anorthique ou clinorhombique, fig. 42, l'angle *mm* des prismes égalant à peu près 120°. Deux clivages bien marqués à peu près rectangulaires.

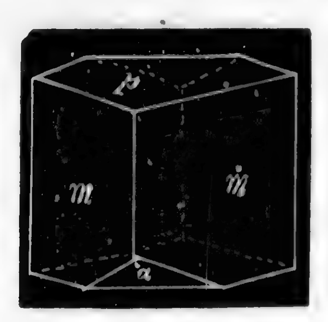


Fig. 42.

Se trouve assez souvent en une pierre compacte appelée *Pétrosilex*.

Composition.—Ce sont des silicates d'alumine et d'un protoxyde qui est généralement potasse, soude, chaux et quelquefois baryte.

Les minéralogistes ne s'accordent pas sur le nombre d'espèces des Feldspaths. M. Dana en énumère sept ; M. DesCloizeaux, sept avec d'autres noms, et M. Pisani cinq. Ces espèces différeraient non seulement par la nature des protoxydes, mais encore par leurs proportions relatives. Dans plusieurs cas, grâce à l'isomorphisme de ces espèces, l'analyse chimique est le seul moyen de les identifier. M. DesCloizeaux a donné, en 1875 et 1876, un autre moyen tiré des caractères optiques ; mais il est encore plus facile d'avoir recours à l'analyse. Voici les espèces reconnues par M. Pisani :

15. *Orthose.*—Clinorhombique, fig. 42 et 43. Deux clivages rectangulaires, l'un parfait suivant *n*, un

---

Fig. 42.—Forme type des cristaux de Feldspath.

autre moins facile suivant *f*. Transparent ou translucide. Eclat vitreux, nacré suivant *n*. Dur. 6. Humecté de chlorure de calcium, donne avec le verre bleu une coloration pourpre à la flamme. Macles très fréquentes et très remarquables.



Fig. 43.

Composition.—Silicate d'alumine et de potasse.

Variétés. — L'*Adulaire* est transparent ; le vert est appelé *Pierre des amazones*, la *Pierre de lune* est un beau Feldspath à reflets nacrés, employé en bijouterie.

Usages.—Employé pour la fabrication des porcelaines et des émaux.

Gisement.—Très abondant dans les roches laurentiennes ; il est un des éléments du granite. On rapporte à l'Orthose, la *Rétinite*, la *Perlite*, l'*Obsidienne*, les *Ponces* et autres roches volcaniques.

16. *Albite.*—Triclinique ; mm=120°47′. Les deux clivages *ne sont pas tout à fait rectangulaires. Faces f et n le plus souvent striées.* Blanche, grise ou jaunâtre.

Composition.—Silicate d'alumine et de soude.

17. *Oligoclase.*—Anorthique. Clivages légèrement obliques l'un par rapport à l'autre. Faces *n* et *f* striées dans un autre sens que celles de l'Albite.

Composition.—Silicates d'alumine, de soude et de chaux ; cette dernière ne dépasse pas 4 p. 100.

Fig. 43.—Cristaux d'Orthose montrant la forme ordinaire et une des macles les plus fréquentes ; *n* et *f* indiquent les faces de facile clivage.

18. *Labradorite.*—Anorthique. En masses laminaires ou clivables. Plans de clivage non rectangulaires. Striée sur les plans de clivage. Reflets souvent irisés. En grande partie attaquable par l'acide chlorhydrique.

Composition.—Silicate d'alumine, de soude et de chaux, la soude ne dépassant pas 5 p. 100.

Gisement.—La Labradorite se rencontre en abondance dans les terrains canadiens et particulièrement dans la division éozoïque. De magnifiques échantillons viennent du Château-Richer et d'autres points de la côte nord surtout le long de la décharge du lac St-Jean, depuis Chicoutimi jusqu'au lac et à St-Jérôme, près de Montréal.

Anorthite.—Anorthique. Petits cristaux de même forme que l'Albite. Clivage de l'Oligoclase. Fusible.

Composition.—Silicate d'alumine et de chaux.

19. Epidote. *

Propriétés.—Monoclinique. Prismes souvent aplatis; cristaux réunis en masses granulaires. Couleur vert pistache, caractéristique ; quelquefois vert jaunâtre, ou brun ; polychroïque ; généralement translucide. Dur. 6.7. Dens. 3.2 à 3.5. Fusible assez facilement. Dans la flamme réduisante donne une masse magnétique. Réaction du fer, quelquefois du manganèse. Renferme un peu d'eau.

Composition.—Silicate de chaux et d'un sesquioxyde qui est généralement de fer ou d'alumine.

Gisement.—Se rencontre souvent dans les roches cristallines, grani gneiss, micaschiste, serpentine.

Remplit souvent les cavités amigdaloïdes du Trapp.

L'*Epidote.*—est regardée par M. E. Dana comme formant un groupe qui comprendrait les espèces *Epidote, Allanite, Zoïsite.*

20. Emeraude.

Propriétés.—Hexagonal. Clivable dans le plan de la base. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Vert d'émeraude et de diverses nuances, incolore. Dur. 7.5 à 8. Dens. 2.7. Difficilement fusible.

Composition.—Silicate d'alumine et ue glucine.

Gisement et usage.—Se trouve dans les granites, les gneiss. Les belles variétés sont employées en bijouterie. Telles sont, outre l'Emeraude proprement dite, l'*Aigue-marine*, vert d'eau, et le *Béryl*, bleu pâle ou incolore. Nous avons constaté la présence de l'Emeraude près du lac Kénogami, Saguenay.

21. Grenat.

Propriétés.—Cubique. Dodécaèdre rhomboïdal ou trapézoèdre, fig. 44. Masses compactes ou grenues. Dur. 6.5 à 7.5. Dens. 3.15 à 4.3. Eclat vitreux, résineux. Rouge, jaune, vert, noir. Transparent ou translucide. Cassure conchoïdale. Friable. Les Grenats sont assez facilement fusibles au chalumeau.

Composition.—C'est un silicate très compliqué de sesquioxydes et de protoxydes.

Variétés.—M. E. Dana en distingue trois groupes suivant la nature du sesquioxyde qui prédomine. Le Grenat *alumineux*, le Grenat *ferrugineux* et le Grenat *chromé*. C'est dans ces trois groupes que se placent les variétés ou espèces si nombreuses des Grenats.

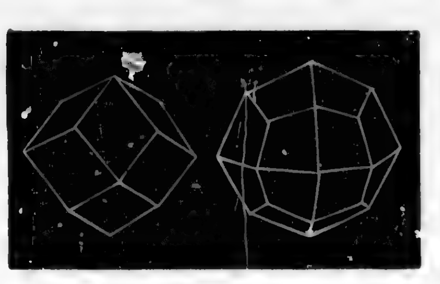


Fig. 44.

Le Grenat *almandin*, qui est très fusible, appartient au groupe des ferrugineux.

Gisement.—Se rencontre assez souvent dans les schistes, gneiss, etc., des terrains laurentiens. Les variétés limpides sont employées en bijouterie.

On appelle *Idocrase*, un minéral dont la composition ressemble à celle du Grenat, mais qui cristallise dans le système quadratique.

Micas.

Encore un groupe naturel de plusieurs espèces, souvent difficiles à distinguer les unes des autres.

Propriétés. – On rencontre les Micas cristallisés dans le système hexagonal et rhombique, l'angle de ce dernier prisme étant de 120°. Clivage éminent, parallèle à la base du prisme. L'axe optique ou le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de

---

Fig. 44.—Cristaux de Grenat : dodécaèdre rhomboïdal et trapézoèdre.

clivage. Eclat nacré, métalloïde. Dur. 2.5 Dens. 2.9. Les Micas magnésiens et potassiques sont peu fusibles, les Micas lithiques fondent facilement en colorant la flamme en rouge.

Composition.—Les Micas sont des silicates de sesquioxydes et de protoxydes ; les sesquioxydes pouvant être, Al^2O^3, Fe^2O^3, et les protoxydes MgO, KO, NaO, LiO. La potasse et l'alumine y sont presque toujours contenues. La présence de la potasse se décèle par le chlorure de calcium dont on humecte le minéral avant de le plonger dans la flamme du chalumeau. Le verre bleu permet alors de voir la teinte pourpre du potasium. Les Micas renferment souvent du fluor.

22.—Les principales espèces sont : *Phlogopite.*— Bases : potasse, magnésie et alumine. Difficilement fusible. Jaune ou brun. Très commun dans les terrains laurentiens. On le trouve en lames, mêlé avec le Calcaire, le Pyroxène et le Quartz.

23. *Biotite.*—Couleur foncée. Composition des plus compliquées. Renferme assez de fer pour donner au chalumeau la réaction de ce métal.

24. *Muscovite.*—Blanc ou pâle. Contient de l'eau Bases : alumine, potasse et un peu de magnésie et de fer.

25. *Lépidolite.*—Mica lithique. Rose. Donne la réaction du lithium.

Gisements et usage.—Les terrains canadiens sont riches en Mica, soit à l'état de micaschistes, soit sous forme de lames régulièrement cristallisées. Quelques gisements ont été et sont encore exploités dans les environs d'Ottawa. Le Mica en grandes lames est

employé quelquefois comme verre à vitre. On s'en sert surtout pour les poêles à charbon.

SILICATES DE R^2O^3+RO HYDRATÉS.

26. Chlorite. *

On donne ce nom à certains minéraux verdâtres, facilement clivables dans une direction, comme les Micas, mais à lamelles à peine élastiques. Plus durs que les Micas. Ils contiennent principalement de la silice, de l'alumine, de la magnésie, du protoxyde de fer et de l'eau. Ne se rencontre pas dans nos terrains laurentiens, mais dans les diorites huroniens et les terrains siluriens métamorphisés.

27. Zéolites. *

Les silicates désignés par ce nom sont essentiellement hydratés et caractérisent les roches trappéennes et basaltiques. Ils fondent tous au chalumeau, souvent avec une grande facilité. La fusion chez plusieurs espèces, est accompagnée de gonflements et de bouillonnements caractéristiques. Ils font gelée avec les acides ou se décomposent en laissant une poussière siliceuse.

Les Zéolites canadiennes sont partagées par M. Chapman en deux groupes, les Zéolites à base *calcaire* et les Zéolites à base *alcaline*.

Parmi les premières se trouve la *Prehnite*, orthorhombique, le plus souvent en masses mamelonnées, à structure fibreuse. Couleur verte Dur. 6.0 à 6.5. Den. 2.8 à 2.95. Ajoutons la *Datolite*, clinorhombique ; la *Laumonite*, la *Thomsonit* l'*Heulandite*, la *Stilbite*, la *Chabazite*.

Parmi les secondes, il y a la *Natrolite*, orthorhombique, blanchâtre, le plus souvent à structure rayonnante. Se trouve dans le trapp, près de Montréal. L'*Analcime*, l'*Apophyllite*, blanche ou rouge pâle, quadratique, mais souvent en masses lamellaires, éclat perlé. Fusible, donnant beaucoup d'eau dans le matras. Dens. 2.3 à 2.4. Se distingue de toutes les Zéolites en ce qu'elle ne contient pas d'alumine. Composition : Silicate hydraté de chaux et de potasse.

SILICATES AVEC BORE, CHLORE, ETC.

28. Tourmaline.

Propriétés.—Hexagonal. Le prisme hexagonal est souvent combiné avec le prisme triangulaire. Cassure conchoïdale. Transparente ou opaque. Eclat vitreux. Grande variété de couleurs. Dur. 7. Dens. 3.02 à 3.20. Pyroélectrique. Presque infusible, blanchit quelquefois au chalumeau. Sous une faible épaisseur, absorbe totalement le rayon ordinaire.



Fig. 45.

Composition. — Boro-silicate compliqué d'alumine ou de ses isomorphes, et de potasse ou de ses isomorphes. Les rouges et les vertes sont quelquefois taillées pour la bijouterie. La Tourmaline se rencontre en plusieurs endroits : à la Malbaie, au Mille-Isles d'après Bigsby. On en trouve encore le long de la rivière Madawaska, à St-Jérôme, et au Saguenay.

29. Topaze.

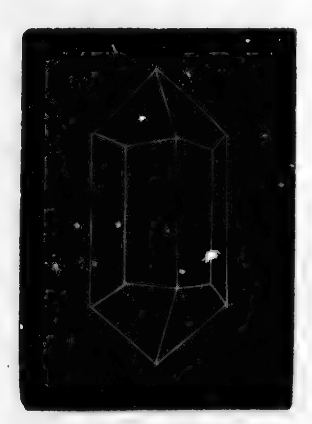


Fig. 46.

Propriétés.—Rhombique. Clivage parfait et caractéristique, suivant la base. Cassure conchoïdale. Le plus souvent transparente. Incolore ou jaunâtre ; cette dernière variété devient plus foncée après calcination à une certaine température (*Topaze brûlée*). Dur. 8. Dens. 3.52 à 3.56.

Composition. — Fluo - silicate d'alumine pur.

Usages.—La Topaze est employée en bijouterie. Les plus belles viennent du Brésil, de Saxe et surtout de Sibérie.

Fig. 45.—Cristal de Tourmaline.
Fig. 46.—Cristal de Topaze.

30. Outremer. *

Propriétés.—Cubique. Ordinairement en masses compactes. Bleu d'azur. C'est le *Lapis-Lazuli.* Fusible en un verre blanc. Avec l'acide chlorhydrique se décompose en dégageant de l'hydrogène sulfuré.

Composition.—Silicio-sulfate d'alumine, de soude, de chaux et de fer.

CARBONIDES.

31. Diamant.

Propriétés.—Cubique. Formes plus ou moins modifiées ou arrondies, fig. 47. Clivable. Transparent ou translucide. Eclat vif. Couleur variée. Dur. 10. Dens. 3.5 à 3.6. Infusible.

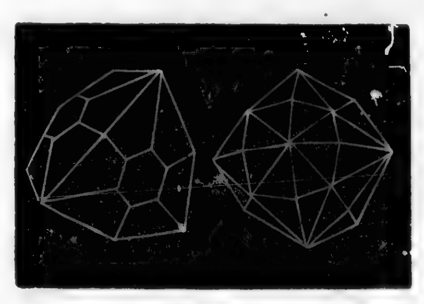


Fig. 47.

Composition. — Carbone pur cristallisé.

Gisement.—Se trouve dans des conglomérats quartzeux et surtout dans les sables d'alluvion. Localités : Indes, Bornéo, Brésil, Cap de Bonne-Espérance.

Fig. 47.—Cristaux de diamant, forme ordinaire.

Usages.—Employé en bijouterie. La plus précieuse des gemmes, surtout s'il est bien limpide. On le taille avec sa poudre. On trouve au Brésil des diamants noirs qui servent à tailler les autres, ou à faire des burins destinés à percer des trous de mines. Un seul diamant, le Régent de France, bien qu'il ne pèse que 139.25 carats ou 419 grains vaut plus de $500,000. Le diamant doit une bonne partie de son éclat à la taille qui quelquefois lui enlève près de la moitié de son poids.

32. Graphite.

Propriétés.—Eclat métallique. Masse écailleuse. grasse au toucher. Noir de fer ou gris d'acier. Dens. 2.09 à 2.23. Infusible. Plongé dans une dissolution de sulfate de cuivre avec une pince de zinc, se recouvre immédialement de cuivre métallique.

Composition.—Carbone presque pur.

Usages.—Sert à fabriquer les crayons, certains creusets ; employé aussi comme lubréfiant.

Gisements.—Les plus riches dépôts de Graphite, en Canada, existent dans les terrains laurentiens. On les trouve sous forme de veines ou de filons de plusieurs pouces d'épaisseur. Dans les cantons de Burgess et Grenville, il en existe des mines exploitables. Ces dépôts sont souvent près des calcaires de la même époque géologique.

33. Anthracite.

Propriétés.—Amorphe. Cassure conchoïdale. Eclat métalloïde. Noir. Dens. 1.3 à 1.75. Brûle diffici-

lement. Détonne si on le chauffe avec du nitre. Ne donne aucune teinte à une lessive chaude de potasse. Se trouve en Pensylvanie et en Europe. Employé comme combustible.

34. Houille.

Propriétés.—Amorphe. Noir. Très fragile. Dens. 1.25 à 1.34. Dur. 2 à 2.5. Brûle avec une flamme plus ou moins longue et répand une odeur bitumineuse. Colore en jaune pâle une lessive chaude de potasse. Les Houilles *grasses* brûlent avec une flamme longue, fondent et s'agglutinent plus ou moins dans les foyers. Les Houilles *maigres* brûlent avec une flamme courte, sans s'agglutiner. Employée pour le chauffage, la métallurgie, la préparation du gaz d'éclairage, etc.

Gisements.—Il n'y a pas de mine de houille dans la province de Québec, bien qu'on puisse trouver certaines substances charbonneuses en différents endroits, comme à Lévis, à St-Romuald, à l'Ile d'Orléans, dans les Cantons de l'Est. Il y aurait, paraît-il, à Gaspé un lit de Lignite exploitable. Dans la Nouvelle-Ecosse, le Nouveau-Brunswick et le Nord-Ouest, il y a des mines de houille très riches.

35. Lignite.

Propriétés.— Amorphe. Poussière brune. Brûle avec une odeur désagréable. Colore en brun une lessive chaude de potasse. Possède ordinairement la structure du bois. Dens. 0.5 à 1.25. Sert au

chauffage. Une variété, le *Jayet*, est employée dans la bijouterie. Le *Terre, de Cologne* ou *Terre d'Ombre* est un Lignite terreux, employé comme peinture.

36. Tourbe.

La Tourbe est un produit moderne, se rapprochant du Lignite, et formé par des végétaux en décomposition. Structure spongieuse. Composition analogue à celle du Lignite,

La province de Québec renferme d'immenses tourbières, à la Rivière-Ouelle, à St-Henri, dans les Cantons de l'Est, dans le district de Montréal et ailleurs.

37. Pétrole.

Propriétés.—Liquide jaune ou brun foncé. Dens. 0.7 à 0.9. Odeur aromatique ou bitumineuse. Bout au-dessous de 100°. Peu soluble dans l'alcool.

Composition.—Composé de plusieurs carbures d'hydrogène. Employé pour l'éclairage et comme dissolvant.

Gisements.—Se trouve en abondance dans la Pensylvanie, où certains puits sont exploités depuis des années et semblent inépuisables. Le pétrole se rencontre en petite quantité dans beaucoup de nos terrains siluriens inférieurs. A la Rivière à la Rose, Montmorency, au lac St-Jean, il s'échappe des calcaires trentoniens. Dans le voisinage de Gaspé, le pétrole sort en assez grande quantité des terrains dévoniens. Le pétrole existe en abondance et est

exploité en plusieurs endroits des terrains dévoniens d'Ontario.

38. Asphalte.

Propriétés.—Bitume amorphe. Eclat résineux. Noir de poix ou brunâtre. Dur. 2. Dens. 1.1 à 1.2. Facilement fusible. Brûle avec une flamme fuligineuse. Donne par le frottement une odeur bitumineuse.

Gisements.—Les bitumes se rencontrent fréquemment dans les terrains paléozoïques. Dans le *Groupe de Québec*, on trouve une matière charbonneuse qui se rapproche assez des bitumes. Elle est extrêmement friable, et brûle avec une flamme fuligineuse; elle remplit certaines fissures des lits de cette formation. C'est elle que l'on prend souvent pour de la houille.

Certains schistes sont tellement bitumineux, que quelquefois, ils peuvent servir de combustible.

39. Ambre.

Propriétés.—Amorphe. Transparent ou translucide. Eclat résineux. Jaune de miel, rouge. Dur. 2.5. Dens. 1 à 1.1. Fond à 287°, puis dégage de l'eau et de l'acide succinique. Brûle avec flamme brillante et odeur particulière. Résine fossile.

Gisement et usage.—Se trouve parmi les lignites tertiaires, en Prusse, en Sicile. Sert à faire des ornements, des bouts de pipes, etc.

40. Calcaire.

Propriétés.—Hexagonal. Grande variété de formes cristallines. Les rhomboèdres de toute espèce s'y rencontrent très souvent, isolés ou combinés, fig. 48 et 49. Clivage net suivant les faces du rhomboèdre primitif. Transparent ou translucide. Incolore ou coloré accidentellement. Dur. 3. Dens. 2.70 à 2.73. Infusible; brille fortement

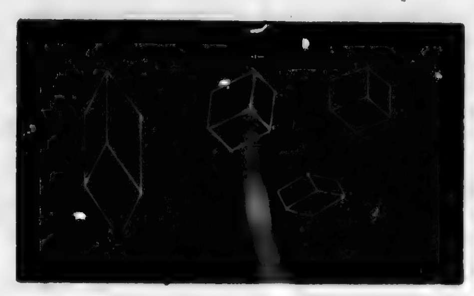


Fig. 48.

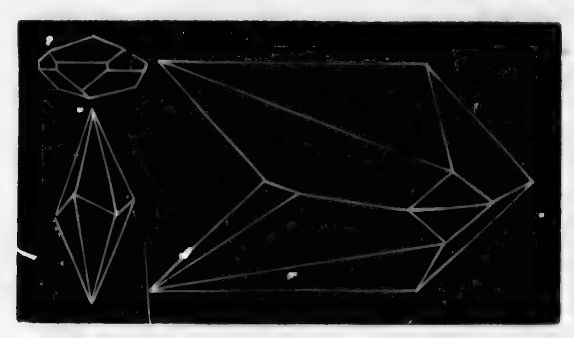


Fig. 49.

sous l'action du chalumeau, et colore la flamme en rouge jaunâtre, surtout après avoir été humecté d'a-

---

Fig. 48.—Rhomboèdres de calcite présentant diverses valeurs d'angle.

Fig. 49.—Cristaux de calcite modifiés et maclés.

cide chlorhydrique. Fait effervescence avec les acides. Se trouve cristallisé, à l'état fibreux, compacte, etc. Très répandu dans la nature. Une variété, venant de Fontainebleau, renferme beaucoup de sable, à tel point qu'on croirait, en la voyant, à des cristaux rhomboédriques de Quartz.

Composition.—Carbonate de chaux.

Variétés et usages.—Une variété en gros cristaux limpides, le *Spath d'Islande*, est employée en optique. Le calcaire jaunâtre est souvent appelé *albâtre* et sert à faire divers ornements. La variété saccharoïde constitue le *marbre statuaire* et les autres marbres. Plusieurs parmi ces derniers, grâce à leurs couleurs, ont reçu des noms particuliers. La *pierre lithographique* est un calcaire compacte, jaunâtre, à pâte fine. Les calcaires grossiers servent de pierre à bâtir ou de pierre à chaux. Ceux qui servent de pierre à ciment renferme 25 à 30 p. 100 d'argile ou autres substances étrangères.

Gisements.—Le calcaire se trouve partout dans la province de Québec. On le rencontre dans le *Groupe de Québec*, en lits ou en conglomérats. Il constitue la presque totalité du *Trenton* (calcaire de Beauport, de Deschambault et de Montréal). On le trouve encore dans les terrains *laurentiens* (marbres de St-Joachim et autres). La pierre à ciment existe en plusieurs endroits de Québec et d'Ontario. On en a découvert à Gaspé, à Québec, le long de l'Ottawa, à Kingston, etc. Le ciment de Québec est surtout remarquable par la quantité de sulfate de chaux que l'analyse y découvre.

41. Aragonite.

Propriétés.—Rhombique. Un seule clivage. Eclat vitreux. Dur: 3.5 à 4. Dens. 2.93 à 2.94. Infusible. Mêmes caractères chimiques et même composition que le Calcaire. Se trouve en cristaux, en masses fibreuses, pisolithiques, compactes. L'Aragonite a été trouvée en petite quantité à Tring et près de Lachine.

42. Dolomie.

Propriétés.—Hexagonal. Forme généralement rhomboédrique. Surface des cristaux souvent ondulée. Clivage facile. Translucide. Eclat vitreux, souvent perlé. Incolore, blanche ou jaunâtre. Dur. 3.5 à 4.5. Dens. 2.89. Ne fait pas effervescence à froid avec les acides, mais à chaud.

Composition.—Carbonate double de chaux et de magnésie.

Gisement.—La Dolomie est très répandue. Elle existe dans les terrains *laurentiens*, constitue à elle seule la presque totalité du *calcifère*. On la trouve souvent parmi les roches du *Groupe de Québec*.

43. Sidérose. *

Propriétés.—Hexagonal ; rhomboèdre primitif. Clivage facile. Translucide ou opaque. Eclat vitreux, nacré. Blanc jaunâtre, jaune et souvent brun ou noir par suite d'une altération superficielle. Dur. 3.5 à 4. Dens. 2.8. Au chalumeau noircit et de-

vient magnétique : fait effervescence à chaud avec l'acide chlorhydrique ; la solution précipite en vert par l'ammoniaque.

Composition.—Carbonate de fer.

Usage et gisement.—Employé comme minérai de fer. Se trouve en Angleterre, à la Nouvelle-Ecosse ; ne se rencontre guère dans notre province, sauf une variété terreuse qui se voit en petite quantité dans la *formation de Gaspé.*

44. Smithsonite. *

Propriétés.—Hexagonal. En petits cristaux rhomboédriques. Eclat vitreux ou nacré. Blanche, jaune, verdâtre. Dur. 5. Dens. 4.3. Infusible. Verdit à la réaction du cobalt ; soluble avec effervescence dans les acides.

Composition.—Carbonate de zinc.

On lui donne quelquefois le nom de *Calamine.* C'est un des meilleurs minérais de zinc.

45. Malachite.

Propriétés.—Clinorhombique. Ordinairement en cristaux aciculaires. Translucide. Eclat vitreux, soyeux dans les variétés fibreuses. Vert d'émeraude ou vert-de-gris. Dur. 3.5 à 4. Dens. 3.92 à 4. Donne de l'eau et noircit dans le matras. Globule de cuivre sur le charbon. Soluble avec effervescence dans les acides et donnant une liqueur verte.

Composition.—Carbonate de cuivre hydraté.

Gisement et usage.—Le plus souvent en masses mamelonnées, réniformes, fibreuses. Employée pour

divers objets d'ornements : vases, pendules, tables. Ne se rencontre qu'en petites quantités dans les terrains canadiens.

46. Azurite. *

Propriétés.—Clinorhombique. Cristaux assez gros, aplatis. Bleu d'azur. Dur. 3.5 à 4. Dens. 3.76 à 3.83. Même composition, mêmes réactions et mêmes usages que la Malachite.

TITANIDES.

47. Rutile. *

Propriétés..—Quadratique. Les prismes sont très souvent modifiés sur les arêtes latérales et terminés par une pyramide. Macles fréquentes. Cassure inégale. Eclat adamantin, métalloïde. Rouge, brun, jaune. Poussière, brun clair. Dur. 6 à 6.5. Dens. 4.22 à 4.30. Infusible. Inattaquable par les acides. Fondu avec la potasse et traité par l'acide chlorhydrique, il donne une solution violette si on la chauffe avec de l'étain.

Composition.—Acide titanique.

48. L'*Anatase* a même composition que le Rutile, même système cristallin, toutefois on le rencontre le plus souvent en octaèdre aigu. Un peu moins dur et moins dense que le Rutile.

49. La *Brookite* diffère des deux précédents par son système cristallin qui est orthorhombique. Deux axes optiques peu écartés. Densité et dureté : celles du Rutile. Se trouve en petits cristaux dans les alluvions aurifères et dans le minérai de fer de St-Urbain.

CHROMIDES.

50. Sidérochrome. *

Propriétés.—Fer chromé. Cubique, rarement cristallisé. Opaque. Eclat métallique, inclinant au résineux. Noir de fer ou noir de poix. Poussière, brun jaunâtre. Dur. 5.5. Dens. 4.4 à 4.5. Légèrement magnétique. Infusible. Donne une perle de borax verte.

Composition. — Oxyde salin de sesquioxyde de chrome et de protoxyde de fer.

Gisements.—Se rencontre dans les Cantons de l'Est et à Gaspé. Un fer chromé, renfermant 50 p. 100 de sesquioxyde de chrome, vaut $60 la tonne, sur le marché anglais.

STIBIDES.

51. Antimoine. *

Propriétés.—Hexagonal. Opaque. Eclat métallique. Blanc d'étain. Cassant. Dur. 3 à 3.5. Dens.

6.6 à 6.7. Sur le charbon, fond, se volatilise avec enduit blanc. L'acide nitrique le transforme en oxyde d'antimoine blanc. Renferme souvent une très petite quantité d'argent, d'arsenir et de fer. On le trouve dans quelques Cantons de l'Est, surtout dans Ham sud, en veines exploitables.

ARSENIDES.

52. Mispikel. *

Propriétés.—Orthorhombique. Prisme plus ou moins surbaissé, surmonté d'un dôme très obtus, fig. 50. Les faces du dôme toujours striées. Opaque. Eclat métallique. Blanc d'argent ou gris d'acier. Dur. 5.5. Dens, 6.0 à 6.3. Donne un sublimé rouge de sulfure d'arsenic dans le matras, puis de l'arsenic métallique. Odeur d'ail sur le charbon et résidu magnétique. Attaquable par l'acide azotique.

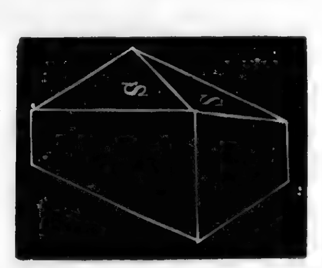


Fig. 50.

Composition.—Sulfure double d'arsenic et de fer.

Gisements.—Très répandu. Employé pour l'extraction de l'arsenic. On le trouve avec la galène

---

Fig. 50.—Prisme orthorhombique de Mispikel, bases modifiées.

argentifère, dans une veine de Quartz le long de la rivière Chaudière à St-François, plus abondamment encore près de Lennoxville, dans les terrains aurifères de la Nouvelle-Ecosse, et dans les cantons de Marlow et Risborough.

PHOSPHORIDES.

53. Apatite.

Propriétés.—Hexagonal. Prismes le plus souvent réguliers, terminés par un plan ou une pyramide à six pans, fig. 51. Clivables parallèlement à la base. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanche, pourpre ; les Apatites canadiennes sont le plus souvent vertes. Dur. 5. Dens. 3.18 à 3.21. Difficilement fusible. Soluble dans les acides chlorhydrique et nitrique. Humectée d'acide sulfurique, colore la flamme en vert pâle. La solution azotique précipite par l'acide sulfurique ; à chaud, la même solution donne un précipité jaune avec le molybdate d'ammoniaque.

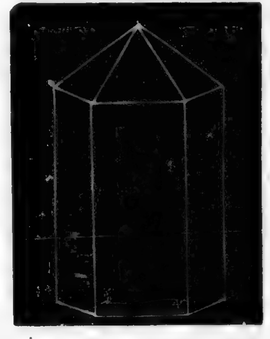


Fig. 51.

Fig. 51. Cristal d'Apatite.

Composition.—Phosphate de chaux mélangé ou combiné avec du fluorure et du chlorure de calcium.

Gisement.—Se trouve en beaux cristaux associés au Calcaire, au Mica, etc., en masses compactes, terreuses. Employée pour la fabrication des engrais. La province de Québec renferme, dans la région de l'Ottawa des gisements très riches, très abondants d'Apatite. Elle y est associée aux calcaires laurentiens. En général les Apatites canadiennes contiennent peu de chlore et plus de fluor.

Il est probable qu'on découvrira encore ce minéral en plusieurs endroits de nos puissantes formations laurentiennes.

Nos terrains siluriens renferment souvent des nodules phosphatiques qui paraissent êtres des coprolites. On trouve ces nodules à la Rivière-Ouelle, à la Pointe-Lévis, dans des schistes et des conglomérats calcaires du *Groupe de Québec*. D'après la *Géologie du Canada* de 1863, plusieurs de ces nodules seraient formés des débris de carapaces de *Lingula*, *Orbicula*, *Serpulites*, etc.

54. Turquoise.

Propriétés.—Amorphe. Peu translucide sur les bords. Opaque. Eclat vitreux faible. Bleu ciel et vert. Dur. 6. Dens. 2.65 à 3. Donne de l'eau. Au chalumeau, noircit et colore le flamme en vert. Soluble dans les acides.

Composition.—phosphate d'alumine hydraté.

Usages.—Les belles variétés sont emplogées en bijouterie.

SULFURIDES.

55. Soufre.

Propriétés.—Rhombique. Souvent cristallisé, quelquefois en masses amorphes. Eclat résineux. Jaune; les variétés jaune orange contiennent de l'arsenic. Transparent ou translucide. Sectile. Dur. 1.2 à 2.5. Dens. 1.9 à 2.1. Brûle avec une flamme bleue, dégageant de l'acide sulfureux. Le soufre cristallisé à une basse température, 125°C., est clinorhombique.

Gisement.—Se rencontre dans le voisinage des volcans.

56. Molybdénite.

Propriétés.—Hexagonal. Rarement cristallisé. Opaque. Eclat métallique. Gris de plomb. Ressemble beaucoup au Graphite. Dur. 1. à 1.5. Dens. 4.5 à 4.6. Infusible. Colore la flamme en vert pâle. Attaquable par l'acide nitrique, en donnant une poudre blanche qui se dissout dans l'ammoniaque; cette solution, acidifiée avec l'acide chlorhydrique et additionnée d'étain, donne une belle coloration bleue.

Composition.—Sulfure de Molybdène.

Gisements.—On le rencontre en petites lamelles dans un gneiss rouge à St-Jérôme, au Saguenay, et en grcs rognons dans la baie de Manicouagan.

57. Pyrite.

Cubique. Cube, fig. 52, ou dodécaèdre pentagonal. Faces du cube striées, les directions des stries étant rectangulaires sur deux faces voisines, fig. 52. Opaque. Eclat métallique. Jaune. Dur. 6 à 6.5. Dens. 5.0.

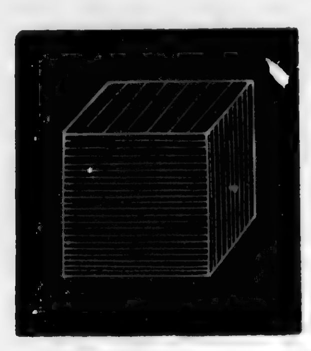


Fig. 52.

Composition.—Sulfure de fer; contient quelquefois de petites quantités d'or.

Usage et gisement.—Sert à extraire le soufre, ou à préparer l'acide sulfurique. Très commune au Canada, dans les gneiss et les calcaires laurentiens. Certains schistes du *Groupe de Québec* en contiennent de grosses masses.

La *Pyrite magnétique* ou *Pyrrhotite* a été trouvée à St-Jérôme et à St-François, Beauce, associée à la Pyrite ordinaire, à la Blende et à la Galène. Moins dure que la Pyrite ordinaire ; elle agit légèrement sur l'aiguille aimantée. Sa couleur varie du jaune bronze au rouge cuivre.

58. Marcassite. *

Propriétés.—Rhombique. Même composition que la Pyrite ; trouvée par M. E.-J. Chapman, sur les rives du Lac Supérieur.

Fig. 52.—Cube de pyrite, stries rectangulaires.

59. Blende.

Propriétés.—Cubique. Transparente ou translucide. Eclat adamantin. Jaune, rouge, brune, noire. Dur. 3.5. Dens. 3.9 à 4.2. Donne la réaction du zinc sur le charbon. Soluble dans l'acide azotique avec résidu de soufre. Avec l'acide chlorhydrique dégage de l'hydrogène sulfuré.

Composition.—Sulfure de zinc.

Usage et gisement.—Employée pour l'extraction du zinc. A été trouvée en Canada dans le comté de Berthier, à St-Irénée, dans les roches laurentiennes; dans la Dolomie à Leeds; dans une veine quartzeuse à St-François, Beauce; dans le calcaire de *Trenton*, en petites masses jaune de miel, à Montmorency, Kingston et Montréal.

60. Galène.

Propriétés.—Cubique : cube, fig. 53, octaèdre. Clivage cubique parfait. Eclat métallique. Dur. 2.5. Dens. 7.4à 7.6. Réaction du plomb sur le charbon. Attaquable par l'acide nitrique.

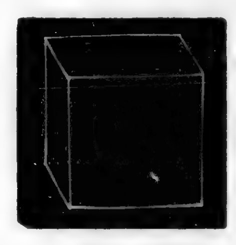


Fig. 53.

Composition.—Sulfure de plomb. Renferme souvent de l'argent et de l'antimoine. On reconnait la présence de l'argent par la coupellation. On peut aussi dissoudre dans l'acide nitrique étendu et ajouter

Fig. 53.—Cristal cubique de Galène.

quelques gouttes d'iodure d'amidon. Ce dernier se décolore immédiatement s'il y a de l'argent.

Gisement et usage. — En cristaux ou en masses compactes. Employée comme minerai de plomb, d'argent, et pour le vernissage des poteries. La Galène se rencontre en plusieurs endroits du Canada, à la Baie-du-Tonnerre, à la Baie St-Paul, à Lennoxville, à St-François, à St-Fabien, etc. Dans quelques-uns de ces endroits, elle est exploitable. Celle de St-François est argentifère.

61. Chalcosine. *

Propriétés.--Sulfure de cuivre, l'un des plus riches minérais de cuivre. Orthorhombique. Dur. 2.5 à 3.0. Dens. 5.5 à 5.8. Se trouve en petite quantité dans plusieurs veines au Lac Supérieur et dans les Cantons de l'Est.

62. Chalcopyrite.

Propriétés.—Quadratique. Octaèdre ou tétraèdre. Opaque. Eclat métallique. Jaune laiton, souvent irisé. Un peu fragile. Dur. 3.5 à 4. Dens. 4 à 4.3. Fond en globule magnétique avec odeur sulfureuse. Attaquable par l'acide nitrique. La solution précipite du sesquioxyde de fer par l'ammoniaque, le liquide surnageant étant d'un beau bleu.

Composition.—Sulfure double de cuivre et de fer. C'est le minérai de cuivre le plus commun.

63. Philipsite ou Bornite. *

Propriétés.—Cuivre panaché. Composition analogue à celle de la Chalcopyrite. Système cubique. Plus dense que la Chalcopyrite. Mêmes réactions chimiques. Employée aussi comme minérai de cuivre.

Les sulfures doubles de cuivre et de fer sont très communs dans notre Province. Ils constituent le minérai de la plupart de nos mines de cuivre exploitées. Dans les Cantons de l'Est, ils existent en très grande quantité, en masses compactes.

Le *Falherz* ou *cuivre gris* est un sulfure très compliqué de cuivre, argent, arsenic, antimoine, fer et zinc, employé pour l'extraction du cuivre ou de l'argent.

64. Cinabre.

Propriétés.—Rarement cristallisé en rhomboèdre ; le plus souvent en masses grenues et terreuses. Rouge cochenille. Dens. 8.0 à 8.2. Se sublime entièrement. Le sublimé noir devient rouge quand on le frotte. Avec la soude, dans le matras, donne du mercure métallique. Soluble dans l'eau régale.

Composition.—Sulfure de mercure. C'est le seul minérai de mercure.

Gisements.—Idria, Espagne et Californie.

65. Argyrose. *

Propriétés.—Cubique. Opaque. Eclat métallique. Gris de plomb, noirâtre. Malléable et sectile. Dur.

2 à 2.5. Dens. 7.19 à 7.36. Sur charbon, fond en dégageant de l'acide sulfureux et se réduit en argent métallique. Attaquable par l'acide nitrique avec résidu de soufre.

Composition et usage.—Sulfure d'argent. En cristaux généralement déformés. Exploitée comme minérai d'argent.

66. Pyrargyrite. *

Propriétés.—Hexagonal. Translucide sur les bords ou opaque en masses. Eclat adamantin. Rouge carmin (*argent rouge*). Dur. 2 à 2.5. Dens. 5.75 à 5.85. Sur le charbon, donne des fumées d'antimoine et de l'argent métallique.

Composition.—Sulfure d'antimoine et d'argent.

Exploité comme minérai d'argent.

67. Barytine.

Propriétés.—Rhombique. Cristaux souvent tabulaires ou allongés. Un clivage facile. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanche, grise, jaunâtre. Dur. 3.3. Dens. 4.5. Fusible en émail blanc à réaction alcaline. Chauffée fortement à la flamme de réduction sur un fil de platine, une *très petite* quantité de Barytine colore la flamme en vert jaunâtre.

Composition.—Sulfate de baryte.

Gisement et usage.—Se trouve en masses lamellaires, fibreuses ou compactes. Employée pour la fabrication des sels de baryte. La Barytine se trouve

en plusieurs endroits de la province de Québec. Dans les régions à phosphate d'Ottawa. Au nord du Lac Supérieur, dans la Beauce, à Port Daniel.

68. Anhvdrite.

Propriétés.—Rhombique. Prismes rectangulaires ou à peu près. Deux clivages faciles. Transparente ou translucide. Eclat vitreux, nacré sur les faces de facile clivage. Incolore, blanche, jaune, rouge, etc. Dur. 3 à 3.5. Dens. 2.85 à 2.96. Fusible en émail blanc avec une réaction alcaline. La masse fondue, humectée d'acide chlorhydrique, colore la flamme en rouge jaunâtre.

Composition. —Sulfate de chaux anhydre.

Usage.—Se trouve en masses cristallines, fibreuses ou grenues. Employée quelquefois comme pierre à bâtir ou d'ornement.

69. Gypse.

Propriétés.—Clinorhombique, fig. 54. Macles fréquentes, fig. 55. Clivage parfait suivant *g*. Trans-



Fig. 54. **Fig. 55.**

Fig. 54.—Cristal de Gypse, prisme oblique à base rhomboïdale.
Fig. 55.—Macle de Gypse ; cristal en fer de lance.

parent ou translucide. Eclat vitreux, nacré. Incolore, blanc, jaune. Sectile. Flexible, élastique en lames minces. Dur. 1.5 à 2. Dens. 2.28 à 2.33. Donne de l'eau en devenant opaque. Fusible en émail blanc à réaction alcaline. La masse fondue, humectée d'acide chlorhydrique, colore la flamme en rouge. Trés peu soluble dans l'eau, soluble dans un excès d'acide chlorhydrique étendu.

Composition.—Sulfate de chaux hydraté.

Gisement.—Se trouve en cristaux déformés, en masses grenues, fibreuses, compactes, terreuses. Le Gypse se rencontre en lits puissants dans Ontario et les provinces maritimes. Le plâtre de Paris est renommé pour sa beauté. Un Gypse finement grenu, translucide, a reçu le nom d'*Albâtre*. Il est employé pour la fabrication de statuettes, vases d'ornement, et autres menus objets.

CHLORIDES.

70. Sel-gemme.

Propriétés.—Cubique. Clivage parfait. Transparent ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanc, gris, jaunâtre, rouge, etc. Dur. 2. Dens. 2.2. Saveur salée. Soluble dans l'eau.

Composition.—Chlorure de sodium.

Gisement.—Se trouve cristallisé, en lits d'une grande épaisseur dans les formations triasiques et jurassiques, toujours avec le Gypse et l'Argile.

71. Argent corné.

Propriétés.—Cubique. Eclat résineux, inclinant à l'adamantin. Gris de perle ou blanc. Devient brun au contact de l'air. Malléable et sectile. Dur. 1 à 1.5. Dens. 5.31 à 5.43. Sur le charbon se réduit à la flamme intérieure. Se réduit également sur une feuille de zinc humectée d'une goutte d'eau. Insoluble dans les acides.

Composition.—Chlorure d'argent.

Gisement.— En masses compactes ou disséminées. Mexique, Chili, Saxe. Excellent minerai d'argent.

FLUORIDES.

72. Cryolite.

Propriétés.—Anorthique. Cristaux ayant l'aspect de prismes rectangulaires. Cassure inégale. Clivage un peu difficile. Translucide. Eclat vitreux, nacré. Blanche. Dur. 2.9. Dens. 2.95 à 2.97. Très fusible en un émail à réaction alcaline. Soluble dans l'acide sulfurique avec dégagement d'acide fluorhydrique.

Composition.—Fluorure d'aluminium et de sodium.

Usage et gisement. — Employée pour l'extraction de l'aluminium. Groënland, où elle est alliée à la Galène, au Sidérose et au Calcaire.

73. Fluorine. *

Propriétés. — Cubique. Ordinairement en cubes. Clivage octaédrique. Transparente ou translucide. Eclat vitreux. Incolore, blanche, verte, jaune, bleue, etc. Souvent dichroïque. Dur. 4. Dens. 3.1 à 3.2. Phosphorescente par la chaleur. Fusible en émail blanc, à réaction alcaline, et colore la flamme en rouge jaunâtre. Soluble dans l'acide chlorhydrique. Dégage de l'acide fluorhydrique sous l'action de l'acide sulfurique.

Composition.—Fluorure de calcium.

Gisement.—En cristaux, en masses grenues, bacillaires, rarement terreuses. Se trouve fréquemment dans les terrains canadiens : près du Lac Supérieur, à la Baie St-Paul, à la Malbaie, dans le rocher de la citadelle de Québec, et en quelques autres endroits.

ALUMINIDES.

74. Corindon.

Propriétés.—Hexagonal. La base du prisme est couverte de stries triangulaires. Clivage assez net suivant les faces du rhomboèdre et la base. Transparent ou translucide. Eclat vitreux. Dichroïsme assez marqué dans certaines variétés, qui sont bleues, si on les regarde perpendiculairement à l'axe, et

vertes, si on les regarde parallèment. Dur. 9. Dens. 3.93 à 4.08. Infusible. La poudre humectée de cobalt donne un beau bleu. Insoluble dans les acides.

Composition.—Alumine pure cristallisée.

Gisement.—En cristaux, en masses clivables, compactes ou grenues. Se trouve à Ceylan, en Chine, en Sibérie, aux Etats-Unis, à Burgess.

Variétés.—Les variétés roses sont appelées *Rubis*, les bleues *Saphirs*. Ces pierres ont une très grande valeur. Une variété finement grenue, d'un gris bleuâtre, souvent mêlée à du fer oxydulé, porte le nom d'*Emeri* et s'emploie en poudre, pour le taillage et le polissage du verre et des pierres dures.

75. Spinelle.

Propriétés.—Cubique. Octaèdres, fig. 56, souvent maclés. Transparent, translucide ou opaque. Eclat vitreux. Rouge, rose, bleu, vert, brun. Dur. 7.5 à 8. Dens. 3.5 à 3.9. Infusible. Insoluble dans les acides.

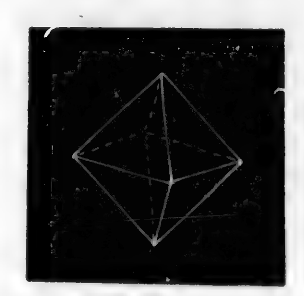


Fig 56.

Composition. — Combinaison des sesquioxydes de fer et d'alumine avec la magnésie et le protoxyde de fer.

Gisement.—A Ceylan, en Italie, aux Etats-Unis, dans le canton de Burgess et près d'Ottawa.

Fig. 56.—Octaèdre de Spinelle.

Variétés.—Le Spinelle peut être très précieux à cause de son éclat. Le *Rubis spinelle* est rouge vif comme le Corindon rubis. Le *Rubis balais*, rose, rouge vinaigre ou lie de vin, peut être confondu avec la *Topaze brûlée*. Les variétés noires sont appelées *Pléonaste.*

MANGANIDES.

76. Pyrolusite. *

Propriétés.—Rhombique ; petits cristaux aciculaires. Opaque. Eclat métallique. Noir de fer. Dur. 2.3. Dens. 4.8 à 5. Infusible. Perle violette à la flamme oxydante. Donne une masse verte avec la soude et le nitre. Dégage du chlore sous l'action de l'acide chlorhydrique.

Composition.—Bioxyde de Manganèse.

Usage et gisement.—Employé pour fabriquer l'oxygène et dans les verreries. Se trouve en plusieurs endroits de la Province, associé à d'autres oxydes : sesquioxydes anhydres, *Manganite, Braunite ;* sesquioxyde hydraté *Acerdèse* qui est doux, infusible, et se trouve en nodules plus ou moins gros et terreux, entre les feuillets de substances pierreuses. On le trouve à, Tring, Stanstead, Ste-Marie, Ste-Anne de Beaupré, Cacouna, Québec, etc.

Hausmannite.—Oxyde salin Mn^3O^4 ; à Tring, près de la rivière Famine, à Ste-Anne de la Pocatière, etc.

FERRIDES.

77. Fer. *

A l'état natif dans les météorites, dans quelques laves de l'Auvergne et quelques roches éruptives du Groënland. Le fer des météorites contient toujours 4 à 16 p. 100 de nickel avec des traces de cobalt, cuivre, chrome, manganèse et soufre.

78. Oligiste.

Propriétés.—Hexagonal. Forme variée, fig. 57. Opaque en masses. Translucide en lames très minces. Eclat métallique. Noir de fer ou gris d'acier. Souvent irisé. Poussière rouge cerise. Dur. 5.9. Dens. 5.24 à 5.28. Quelquefois légèrement magnétique. Infusible. Dans la flamme réduisante devient noir et magnétique. Soluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

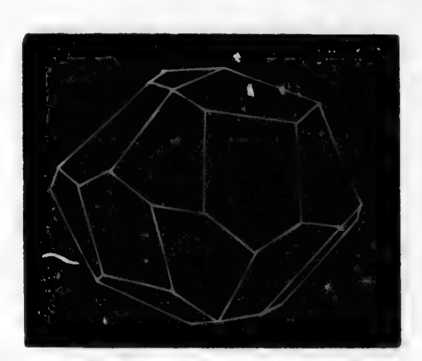


Fig. 57.

Composition.—Sesquioxyde de fer anhydre.

Usage.—Les beaux cristaux d'Oligiste viennent de l'île d'Elbe. Employé comme minérai de fer. Certaines variétés fibreuses servent à polir et à bru-

---

Fig. 57.—Cristal d'Oligiste.

nir les métaux. L'Oligiste terreux, *Ocre*, est employé en peinture.

Variétés.—Parmi les différentes formes que peut prendre le peroxyde, on distingue les variétés amorphes et terreuses, appelées *Hématites ;* les variétés formées de lamelles cristallines brillantes, juxtaposées, appelées par les membres de la commission géologique du Canada : minerai de fer micacé ; enfin on appelle *Fer spéculaire* les variétés en gros cristaux, à parois lisses.

*Gisements.*L'Oligiste est très répandu dans nos terrains laurentiens, moins cependant que la Magnétite. Une île du lac Nipissing en renferme de grandes quantités. On en trouve des lits minces dans les grès de *Potsdam* et quelques nodules irréguliers dans les grès de la formation de *Sillery*, à St-Nicolas. Dans les terrains cristallins des Cantons de l'Est, l'Oligiste pas rare. Il y affecte le plus souvent la forme micacée. Il est mélangé aux roches chloritiques, ou associé au Feldspath et au Cuivre pyriteux. On trouve encore l'Oligiste dans le comté d'Ottawa.

79. Fer titané.

On distingue plusieurs variétés de fer titané, toutes composées de sesquioxyde de fer et de sesquioxyde de titane. Tous ces minéraux cristallisent dans le système hexagonal. A cause de l'isomorphisme des deux sesquioxydes combinés, on trouve des fers titanés où l'oxyde de titanium varie de 10 à 50 p. 100.

Les Fers titanés sont désignés sous le nom de *Ménaccanite*, *Ilménite* et *Crichtonite*.

Propriétés.—Cristaux souvent tabulaires. Eclat métalloïde. Opaque. Agit faiblement sur l'aiguille aimantée. Dur. 5 à 6. Dens. à peu près 5. Infusible. Avec l'acide chlorhydrique concentré, à chaud, donne une solution jaune. Cette liqueur chauffée avec de l'étain en feuilles, prend à la fin une coloration violette, devenant rose si on ajoute de l'eau.

Gisement.—Le Fer titané est très abondant en certains endroit de notre Province. On le rencontre en petites quantités dans la plupart des fers spéculaires des Cantons de l'Est. Le principal dépôt est à St-Urbain. Là, un lit de 90 pieds d'épaisseur a pu être suivi sur une longueur de près d'un mille. Le minérai contient 48 p. 100 d'oxyde titanique. On en a essayé l'exploitation en grand, il y a quelques années, mais les travaux ont été plus tard abandonnés. On l'exploitait comme minérai de fer. Ces dépôts sont environnés de Feldspath anorthique. On retrouve des dépôts analogues le long de la décharge du lac St-Jean, associés avec le Labradorite.

80. Limonite.

Propriétés.—On lui donne encore quelquefois le nom d'Hématite brune. Opaque, amorphe, quelquefois fibreuse. Brune ou jaune. Dens. 3.4 à 3.95. Donne de l'eau. Mêmes réactions que l'Oligiste.

Composition.—Sesquioxyde de fer hydraté. Contient une certaine quantité d'argile surtout dans les variétés terreuses.

Gisement.—En stalactites, en masses compactes, grains oolithiques, rognons, etc. Employé comme

minérai de fer. Les variétés terreuses jaunes, dites *Ocres jaunes*, sont employées en peintures.

Nous n'avons guère en Canada que les variétés terreuses. Ces minérais sont tous de formation récente et se trouvent à peu près à la surface du sol. Ils renferment souvent une proportion très notable d'acides organiques. Voici quelques localités où on les rencontre : sur les bords du lac Erié, à la côte St-Charles dans la seigneurie de Vaudreuil, à St-Thomas, à l'Ile Verte, au Saguenay, sur les rivières Mistassini et des Vases, etc. Les forges du St-Maurice sont alimentées avec ce minérai. A Ste-Anne de Beaupré, on trouve ce minérai en voie de formation, et on peut suivre aisément les différentes transformations qu'il subit. Le dépôt y atteint une épaisseur de 17 pieds sur une surface de près de quatre arpents.

81. Magnétite.

Propriétés.—Cubique. Octaèdre, fig. 58. Opaque. Eclat métallique faible. Noir de fer. Dur. 5.5 à 6.5. Dens. 4.9 à 5.2. Fortement magnétique, souvent magnéti-polaire. Infusible ; soluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

Composition.—En cristaux, en masses compactes ou en sables. Oxyde salin de protoxyde et de sesquioxyde de fer. C'est le meilleur minérai de fer.

Gisements.—Nos roches laurentiennes renferment une grande quantité de Magnétite. On la trouve disséminée dans les gneiss, mais le plus souvent associée aux calcaires. Le minérai laurentien est géné-

ralement pur. Cependant il est quelquefois mélangé avec un peu de Calcaire et de Mica. L'Actinote y existe aussi assez souvent. Dans les terrains cristallins des Cantons de l'Est, la Magnétite est abondante. Quelquefois ce sont des grains octaédriques disséminés dans des schistes chloriteux ; ailleurs elle est compacte, comme à Leeds et à St-François, Beauce. En ce dernier endroit, un lit puissant de Magnétite, entouré de Serpentine, n'est en réalité qu'un mélange de Magnétite et de Ménaccanite. La Magnétite pulvérulente existe en quantité immense sur la rive nord du bas St-Laurent. On l'a exploitée à Moisie pendant longtemps, par le procédé des forges catalanes.



Fig. 58.

STANNIDES.

82. Cassitérite.

Propriétés.—Quadratique. Macles fréquentes. Translucide ou opaque. Eclat adamantin. Résineux dans une cassure fraîche. Brune, jaunâtre, noire. Dur. 6

Fig. 58.—Cristal de Magnétite.

à 7. Dens. 6.8 à 7.1. Infusible. Sur le charbon, avec du cyanure de potassium, donne des grains d'étain.

Composition.—Bioxyde d'étain.

En cristaux, en masses compactes, concrétionnées, en grains roulés dans les sables.

Le seul minérai d'étain.

CUPRIDES.

83. Cuivre.

Propriétés.—Cubique. Eclat métallique. Rouge cuivre. Ductile et malléable. Dens. 8. 94. En cristaux, en masses dendritiques, laminaires et compactes.

Gisements.—Les gisements les plus riches se trouvent au sud du Lac Supérieur. On l'a aussi rencontré en petite quantité dans certains schistes le long de la rivière Etchemin, près de St-Henri, et dans un diorite amigdaloïde, à St-Flavien.

84. Cuprite.

Propriétés.—Cubique. Octaèdre, cube. Translucide. Eclat adamantin. Rouge cochenille plus ou moins foncé. Poussière rouge brun. Fragile. Dur. 3.5 à 4. Dens. 5.7 à 6. Sur le charbon se réduit à l'état métallique. Soluble dans l'acide chlorhydrique en une liqueur verte précipitant en blanc par l'addition de l'eau.

Composition.—Cuivre oxydulé.

Gisement et usage.—En cristaux, en masses lamellaires, grenues et terreuses. Employé pour l'extraction du cuivre.

ARGYRIDES.

85. Argent.

Propriétés.—Cubique. Eclat métallique. Blanc d'argent. Malléable. Dur. 2.5 à 3. Dens. 10.1 à 11.1. Fusible. Soluble dans l'acide nitrique. Précipite par les chlorures. Contient souvent des traces de cuivre, d'or, de mercure, d'arsenic, etc. En cristaux et en masses compactes.

Variétés.—L'*Argent arsénifère* contient 11 p. 100 d'arsenic et un peu de mercure. L'*Argent bismutifère* contient 15 p. 100 de bismuth. L'argent se trouve au Lac Supérieur, à Silver Islet, allié quelquefois au cuivre natif.

PLATINIDES.

86. Platine.

Propriétés.—Cubique. Eclat métallique. Gris d'acier. Ductile. Dur. 4 à 5. Dens. 17.5 à 19. Infusible. Soluble dans l'eau régale. Renferme souvent 5 à 13 p. 100 de fer et de petites quantités d'iridium de rhodium, de palladium, d'osmium et de cuivre,

Gisement.—Dans les sables d'alluvions. On dit l'avoir trouvé à la Rivière-du-Loup en compagnie de l'or natif et de l'*Iridosmine*, composé d'iridium et d'osmium.

AURIDES.

87. Or.

Cubique. Eclat métallique. Jaune d'or. Ductile malléable. Dur. 2.5 à 3. Dens. 15.6 à 19.4. Fusible. Renferme souvent de l'argent, de 1 à 16 p. 100. En cristaux, en grains ou pépites, dans les quartz, gneiss, micaschistes, dans les sables d'alluvion. L'or se trouve à la Nouvelle-Ecosse, dans plusieurs endroits de la Province, spécialement à la Beauce. On l'extrait des veines de quartz, au Rapide-du-diable, à St-François, et le plus souvent d'anciennes alluvions, recouvertes par des alluvions plus récentes. L'or de la Beauce renferme une assez forte proportion d'argent.

Les deux principaux gisements de graviers aurifères, à la Beauce, sont ceux de la rivière Gilbert et ceux de la Du Loup. Au premier endroit, l'or se trouve dans un gravier solidifié, peut-être préglaciaire, reposant directement sur les formations siluriennes supérieures. Il est recouvert d'une couche épaisse d'argile à galets (*boulder clay*) et d'un mince lit de sol arable.

A la Du Loup, le gravier aurifère se trouve *sur* l'argile à galets.

GÉOLOGIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Définition.—La Géologie est l'histoire physique du Globe.

S'il est vrai de dire que chaque animal, chaque plante a son histoire, en ce sens qu'on peut suivre pas à pas le développement de cet être, depuis l'état embryonnaire jusqu'à celui d'individu parfait, on peut affirmer, par analogie, que les êtres bruts, les cristaux, ont aussi une origine et un développement spécial, se faisant d'après des lois particulières. Cette histoire généalogique des minéraux est beaucoup plus simple que celle des êtres vivants, car ils ont à subir moins de transformations avant d'atteindre leur constitution définitive : une seule molécule étant suffisante pour qu'un corps brut existe avec ses propriétés caractéristiques.

La terre, qui est à la fois le siège des deux grands règnes de la nature, celui des êtres vivants et celui des êtres bruts, n'est pas sortie des mains du Créa-

teur telle qu'elle nous apparaît maintenant. Elle a donc aussi son histoire. Créée *sans forme et stérile*, elle a eu à subir une série de transformations, de modifications, qui l'ont faite ce qu'elle est; et cela, sous l'œil de la Providence divine qui a présidé à ces révolutions terrestres. Dieu était là, perfectionnant peu à peu son ouvrage, et mettant eu jeu ces admirables lois, encore inconnues pour la plupart, qui devaient par leur seule fécondité, créer tant de merveilles. La matière inconsciente en effet, ne peut rien par elle-même, elle est essentiellement inerte; si donc le jeu de ces ressorts merveilleux a produit un monde aussi beau que le nôtre, quel autre être que Dieu a pu en établir les lois et forcer la matière à les suivre.

Objet de la Géologie.—Tracer aussi exactement que possible l'histoire de cette évolution de la terre, voilà le but que nous poursuivrons en Géologie. Appuyés sur les données que l'observation et l'expérience mettent à notre disposition, nous enrégistrerons une à une les phases par lesquelles a passé notre globe. Le champ est immense, et la tâche, ardue; d'autant plus que les monuments qui nous restent des différentes époques à étudier, sont loin d'être complets et intégralement conservés. Cependant, n'y eût-il que l'idée d'attaquer un problème si difficile et si élevé, que ce serait déjà assez pour tenter un admirateur de la nature. Dieu en créant le monde, *l'a livré à nos investigations;* il semble donc que l'étude de notre globe, dans les vues mêmes de la Providence, soit un des buts les plus parfaits que

nous puissions nous proposer dans les recherches scientifiques.

Le géologue a besoin de plusieurs sciences pour résoudre d'une manière plus satisfaisante les difficultés qui tendent à paralyser ses efforts. La chimie lui fera connaître les lois présidant aux combinaisons et aux décompositions chimiques ; la physique lui fera apprécier à sa juste valeur le rôle des divers agents de la nature : chaleur, électricité, etc. A l'astronomie, il devra de connaître les relations de notre globe avec le reste de l'univers. Pour l'étude plus approfondie de l'écorce terrestre, il lui faudra le secours de la minéralogie. Enfin, sans la connaissance de la botanique et des diverses branches de la zoologie, il lui serait impossible de se faire une idée du développement de la vie à la surface de la terre, des diverses formes sous lesquelles elle s'est successivement manifestée, formes qui se sont montrées de plus en plus parfaites dans cette longue série d'êtres vivants s'étendant depuis l'humble *eozoon* jusqu'à l'homme.

Cependant pour acquérir des notions générales de Géologie, une connaissance approfondie des sciences que nous venons d'énumérer n'est pas nécessaire. Nous avons la confiance que, dans le cours de cet ouvrage, très peu de points resteront obscurs, même pour celui à qui ces diverses sciences seraient jusqu'à un certain point étrangères.

DIVISIONS.

La Géologie peut se partager en quatres parties : 1° la Géologie *physiographique*, qui étudie les traits

extérieurs du globe terrestre. 2° La Géologie *lithologique*, qui étudie les diverses roches qui composent la croûte terrestre, recherche leur origine et les modifications qu'elles ont subies. 4° La Géologie *dynamique*, qui étudie les forces et les agents qui ont contribué autrefois et qui contribuent encore de nos jours à former les lits géologiques ou à les modifier. 4° La Géologie *historique*, qui trace l'histoire du globe terrestre, c'est-à-dire, nous fait connaître l'ordre de succession des différentes époques géologiques avec leurs caractères distinctifs.

LIVRE PREMIER.

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Conditions astronomiques du globe terrestre.

La terre est isolée dans l'espace et fait partie du système planétaire dont le soleil est le centre. Elle fait sa révolution autour de cet astre en 365¼ jours : c'est l'année astronomique. De plus elle tourne sur elle-même en 24 heures. Autour de la terre circule un autre astre, la lune, qui fait sa révolution en 30 jours. Et comme le soleil, centre de ce double système, est lui-même emporté dans l'espace et tourne autour d'un centre encore inconnu, la terre et la lune le suivent dans son déplacement, et, par conséquent, ne passent jamais deux fois au même point ; ou bien, si elles y passent, ce n'est qu'après un nombre d'années tellement grand qu'elles sont complètement modifiées.

CHAPITRE DEUXIEME.

Volume, reliefs du globe terrestre.

Volume et forme de la terre.—Le diamètre de la terre est d'environ 7,920 milles. En comparant un rayon équatorial avec un rayon polaire, on trouve que ce dernier est à peu près de 13 milles plus court que le rayon équatorial. Il suit de là que la terre n'est pas une sphère régulière, mais qu'elle est aplatie vers les pôles et renflée à l'équateur. Les plus hautes montagnes du globe n'affectent pas sensiblement cette forme générale de la terre.

Quelle est la cause de ce renflement équatorial ?—On l'attribue généralement à l'état primitivement liquide du globe, le renflement étant un effet de la force centrifuge développée par la rotation de l'astre sur lui-même. Ce qui donne une grande force à cette opinion, c'est que les planètes qui, comme Jupiter, tournent plus vite que la terre, sont beaucoup plus aplaties ; parce que, dit-on, elles ont été primitivement soumises à une force centrifuge plus grande.

Cependant, si on examine les choses de plus près, cette forme ne prouve pas rigoureusement que le globe a été autrefois liquide. En effet, supposons le globe terrestre absolument sphérique et ne tournant pas sur lui-même. Les mers se distribueront régulièrement à sa surface et tout sera recouvert d'eau depuis les pôles jusqu'à l'équateur. Faisons-le ensuite tourner sur lui-même. Immé-

diatement les eaux s'accumulent à l'équateur et les pôles terrestres émergent sous forme de continents. Mais alors qu'arrive-t-il?—Les agents atmosphériques attaquent immédiatement ces terres polaires, les usent, les rongent de diverses manières, et leur débris sont transportés par les courants dans les mers équatoriales où ils se déposent en amas de plus en plus puissants. Peu à peu cette érosion des continents du nord et du sud racourcit le rayon polaire, augmente le rayon équatorial, et la terre prend la forme d'un ellipsoïde de révolution.

D'ailleurs, ce renflement de notre terre est loin d'être aussi régulier qu'on l'avait d'abord supposé. En plusieurs endroits il y a des dépressions, ailleurs des turgescences, qui nuisent à la régularité de la forme générale.

Donc cette forme spéciale de la terre ne peut pas rigoureusement être donnée comme une preuve de l'état primitivement fluide du globe; mais elle n'ajoute ni ne retranche rien aux preuves qui peuvent être tirées d'autres données géologiques.

Grandeur et position relative des continents et des océans.—L'étude des dimensions relativesdes terres et des mers ainsi que de la position particulière des continents conduit à de curieux résultats, En premier lieu, à la surface de notre sphère, il y à 8 parties d'eau pour 3 de terre. Au nord de l'equateur la surface des continents est trois fois plus grande qu'au sud; et c'est dans la zone tempérée septentrionale, que se trouve le maximum des terres, leur surface totale égalant dans cette zone celle de la mer.

Dans la zone torride la surface terrestre n'est que le tiers de la surface océanique, elle n'en est plus que le dixième dans la zone tempérée méridionale.

Il est encore remarquable de voir tous les continents groupés autour du pôle nord, les océans couvrir une grande partie de l'hémisphère sud et les grandes masses continentales se terminer toutes en pointe vers le sud. Elles forment comme deux groupes distincts. L'un occidental, constitué par les deux Amériques, l'autre oriental, formé par ces vastes surfaces où les géographes placent l'Europe, l'Asie, l'Afrique et l'Océanie. Cette dernière n'est probablement que les restes d'un continent qui s'enfoncent peu à peu sous les eaux et dont les sommets les plus élevés, grâce à leur hauteur, grâce aussi au travail des coraux polypiers, dépassent encore la surface des mers.

Il y a entre ces masses continentales des relations très frappantes. A part le fait qu'elles se terminent toutes au sud par une pointe de terre de plus en plus étroite, nous nous contenterons de signaler la grande analogie qui existe entre l'Amérique du sud et l'Afrique. Séparés par l'Atlantique-sud, ces deux continents sont à peu près symétriques géométriquement On dirait que l'un est l'image de l'autre ; et de fait, si on supposait à l'est de l'Amérique du sud, au milieu de l'océan, un gigantesque miroir où l'œil pourrait embrasser d'un coup l'image de toute l'Amérique, cette image ressemblerait tout à fait au continent Africain. Il n'y a pas jusqu'au fleuve des Amazones qui n'ait son symétrique dans le Congo,

vers lequel se tournent maintenant l'attention de l'Europe.

Nous avons dit que les océans sont groupés vers le sud. C'est en effet de la zone antarctique que partent ces deux bras de mer gigantesques, dont l'un est l'océan Atlantique, qui sépare l'Amérique de l'Europe, et l'autre l'océan Pacifique, entre l'Amérique et l'Asie. Quel que soit le volume absolu de ces deux masses aqueuses, il est beaucoup plus faible que la masse d'eau énorme accumulée autour du pôle sud.

Peut-on trouver une cause à ce défaut de symétrie dans la distribution des continents et des océans? Evidemment, on ne peut rien affirmer d'absolument certain : voici cependant les opinions émises à ce sujet par certains géologues. Les uns croient qu'il n'est pas impossible que cette accumulation de l'eau au pôle sud, ne soit un résultat de l'oscillation de l'axe de la terre, oscillation connue en astronomie sous le nom de *précession des équinoxes*. D'autres disent que l'érosion a été plus forte au pôle sud qu'au pôle nord, sans toutefois expliquer cette différence. D'autres affirment que le centre de gravité de notre globe se trouve un peu au sud de son centre de figure. Et comme le centre de gravité est en même temps le centre d'attraction, la masse des eaux est ainsi transportée sensiblement vers le sud.

D'ailleurs la forme et l'étendue des continents ont varié très souvent depuis le commencement des époques géologiques. Et s'il est vrai de dire que les contours des grandes masses continentales ont été nettement dessinées dès le commencement, il faut

néanmoins admettre que leurs surfaces ont été à plusieurs reprises envahies par les eaux.

Relativement à la distribution des terres et des mers à la surface du globe, un autre fait assez curieux est le suivant. Si, en prenant pour centre un point placé sur les côtes anglaises de la Manche, on trace un grand cercle sur la sphère, ce cercle comprendra presque tous les continents du globe, l'autre hémisphère n'étant guère couvert que par l'océan.

HAUTEUR MOYENNE DES CONTINENTS.—De Humbolt croyait que la hauteur moyenne de tous les continents, à part l'Afrique et l'Australie, était d'environ 1000 pieds. Cette affirmation reste encore vraie même si on l'étend aux deux continents insuffisamment connus de de Humbolt. Or les océans ont une une surface 3 fois plus grande que celle des continents. Si donc on transportait dans l'océan toute la masse continentale qui dépasse le niveau actuel de la mer,on n'élèverait le fond de l'océan que de 375 pieds ; il en faudrait 40 fois autant pour combler les dépressions océaniques. Si d'un autre côté, on faisait disparaître toutes les inégalités à la surface de la terre, l'océan renferme assez d'eau pour couvrir alors le globe d'une couche liquide épaisse de 8000 à 9000 pieds.

Les continents pris en particulier, n'ont pas tous même hauteur moyenne. La hauteur moyenne d'un continent est celle qu'on obtiendrait en distribuant régulièrement sur toute sa surface les masses des montagnes ou des plateaux qui s'y trouvent. Voici la hauteur des différents continents : Europe 670 pieds, Amérique du nord 740, Amérique du sud 1132, Asie

1150, Afrique probablement 1600 et Australie peut-être 500.

Ce ne sont pas tant les montagnes qui contribuent à augmenter la hauteur moyenne des continents que les plateaux, immenses surfaces élevées, pouvant jusqu'à un certain point, être considérées comme d'autres continents par rapport aux plaines basses qui les entourent. Si on distribuait sur la surface de l'Europe toute la masse des Alpes, on n'augmenterait la hauteur du continent que de 22 pieds. Les Pyrénées ne le hausseraient que de 6 pieds.

PROFONDEUR DES OCÉANS.—Les océans sont contenus dans de vastes dépressions dont la profondeur varie de 1000 à 30,000 pieds. La profondeur moyenne de tous les océans est évaluée à environ 15,000 pieds. Celle de l'Atlantique-nord est de 12,000 pieds et celle du Pacifique-nord de 16,200. La profondeur dans un même océan varie quelquefois considérablement entre deux endroits peu éloignés. Ainsi, au nord des Bermudes, il y a un abîme de 25,000 pieds, là où la profondeur moyenne n'est que de 12,000. La profondeur de l'océan entre la Grande Bretagne et l'Islande est presque partout moindre que 600 pieds. Elle ne dépasse jamais 6000 pieds. Entre l'Irlande et Terreneuve se trouve le plateau télégraphique dont la profondeur varie de 6000 à 15,000 pieds.

Pour nous former une idée exacte des dépressions océanique, supposons un moment que toute l'eau disparaisse de la surface de la terre. Alors s'ouvrent d'immenses cavités, larges de milliers de milles,

creuses de 10,000, peut-être de 50,000 pieds. Les continents deviennent des plateaux entourés par un grand bassin très irrégulier. En partant des points les plus bas de ce bassin, il faudrait gravir des hauteurs de 5 milles pour atteindre les bords des continents actuels. Une seconde ascension de 5 milles nous conduirait au sommet des plus hautes montagnes. Tous nos continents seraient alors complètement inhabitables à cause du froid des hautes régions où ils se trouveraient transportés. Maintenant que la main de Dieu nivelle ces rugosités en jetant sur le globe une vaste plaine liquide. Les hauteurs sont comme abaissées de plus de moitié, les climats *excessifs* disparaissent, la surface du globe devient habitable, grâce à sa température, grâce aussi aux nuages qui se forment de l'océan, pour fournir l'humidité aux végétaux et alimenter les rivières. Enfin cette plaine liquide sert encore comme de trait-d'union entre les peuples les plus éloignés, en facilitant le commerce ainsi que l'échange des connaissances de toute espèce.

Limites des continents.—La ligne où viennent battre les flots de l'océan n'est pas toujours celle qui sépare exactement un continent de l'océan voisin. Assez souvent la surface continentale se prolonge, à une faible profondeur sous les eaux, jusqu'à une distance assez considérable. Là s'ouvre un abîme qui marque le commencement de la véritable dépression océanique. C'est ainsi que l'Amérique du nord, à la hauteur de New-Jersey, se continue de 60 à 80 milles sous l'Atlantique. A cette distance des côtes, la profondeur n'est que de 600 pieds, la pente

n'étant que de 1 pied par 700 pieds. De même les sondages faits au nord et à l'ouest de la France ont prouvé que le Danemark, l'Angleterre, la France et l'Espagne constituaient en réalité un seul massif continental dont une portion est ensevelie à une faible profondeur sous les eaux. La ligne de séparation entre le continent asiatique et l'Océanie est également bien définie, elle passe au nord de la Nouvelle-Guinée et des Célèbes. Au nord de cette ligne, les îles se rattachent à l'Asie, au sud à l'Océanie.

Distribution des reliefs à la surface des continents.—En donnant plus haut la hauteur moyenne des continents, nous ne nous sommes pas occupés de la forme que pouvaient avoir leurs surfaces. Cette forme est remarquable. En général les continents peuvent être considérés comme des plateaux terminés sur leurs bords par des chaînes de montagnes. Nous nous contenterons de donner les sections des deux Amériques, dans lesquelles cette structure est parfaite.

La figure 59 est une section de l'Amérique du



Fig. 59.

nord, de l'ouest à l'est. En *a* est la chaîne Washington et, à l'ouest, celle de la côte ; en *b*, les Montagnes Rocheuses avec leur double crête ; en *c*, le Mississipi,

Fig. 59.—Section de l'Amérique du nord, de l'ouest à l'est.

et en *d*, la chaîne des Appalaches. La figure 60 est une section de l'Amérique du sud. En *a*, sont les Cordilières des Andes avec les plateaux si élevés



Fig. 60.

qu'elles contiennent ; puis au centre, l'immense plaine de l'Amazone, de l'Orénoque, du Rio de la Plata ; à l'est, en *b*, les petites montagnes du Brésil, qui ressemblent tout-à-fait aux Appalaches.

Une section de l'Asie, faite du nord au sud, diffère notablement de celles que nous venons de décrire. La forme générale est plutôt celle d'une pyramide irrégulière, surbaissée, dont le sommet serait les hauteurs de l'Himalaya. Nous la donnons, fig. 61. En *a* sont les plateaux des Indes Anglaises,

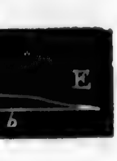


Fig. 61.

en *b* l'Himalaya, en *c* la chaîne de Kuen-Lun et, entre ces deux chaînes, les plateaux du Thibet ; de *c* en *d* la Mongolie et le Désert de Gobi ; en *d* les monts Altaï puis les plaines sibériennes jusqu'à la

---

Fig. 60.—Section de l'Amérique du sud, de l'ouest à l'est.
Fig. 61.—Section de l'Asie du sud au nord.





mer glaciale. L'Afrique et l'Australie ont des surfaces dont le relief est tout à fait analogue aux sections américaines que nous avons données plus haut.

Montagnes, chaînes de montagnes.—En examinant plus en détails ces différentes protubérances terrestres, on leur trouve souvent des formes spéciales et des dispositions régulières qui méritent d'être étudiées de plus près.

Les montagnes sont rarement isolées comme le sont la montagne de Montréal et celle de Belœil. Le plus souvent, on en trouve plusieurs groupées ensemble et formant ce qu'on appelle une chaîne de montagnes. Une chaîne de montagnes peut être composée d'un ensemble de pics isolés, disposés suivant une ligne plus ou moins régulière. Mais le

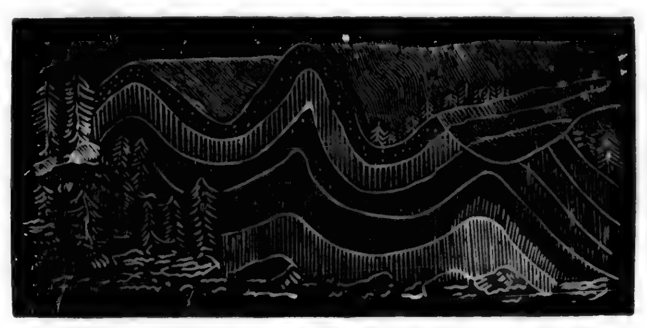


Fig. 62.

plus souvent, l'examen attentif de leur structure montre comme une série d'ondulations se répétant parallèlement sur une certaine étendue, fig. 62, ou

---

Fig. 62.—Type de chaîne de montagnes due à des ondulations des lits géologiques.

bien encore accolées bout à bout dans le sens de la longueur de la chaîne. Cette dernière disposition est très remarquable dans les monts Notre-Dame, placés dans la partie sud-est de notre Province, et qui ne sont en réalité que l'extrémité des monts Appalaches. Dans les Laurentides au contraire, il est à peu près impossible de trouver des séries régulières d'ondulations de terrain. Les élévations sont groupées pêle-mêle, sans qu'on puisse saisir une orientation générale bien définie dans les lignes de leurs arêtes. Les Montagnes Rocheuses ont une structure qui se rapproche de celle des Appalaches. Elles sont constituées par une série d'ondulations de plus en plus élevées, se succédant les unes aux autres, et accolées latéralement.

Dans la figure 63, les lignes blanches représentent des ondulations dont l'ensemble constitue une chaîne. On voit ainsi comment leur position relative peut donner naissance à une chaîne droite ou courbe, tout en ayant chacune isolément la même direction. Au point *b* on peut voir des chaînons transversaux, [illegible]nent souvent compliquer l'étude d'un [illegible]culier de montagnes.

Fig. 63.

Fig. 63.—Chaînes de montagnes produite par la réunion de chaînons séparés:

La hauteur d'une chaîne de montagne est loin d'être régulière. Les différentes arêtes s'affaissent et se soulèvent successivement, et la surface d'une contrée montagneuse ressemble assez à celle que prendrait la mer si on pouvait instantanément solidifier la surface de l'eau agitée par une forte brise.

Les pentes des montagnes sont rarement égales de chaque côté. Cela en général, tient à la disposition même des couches de roches qui constituent la montagne.

Plateaux.—Lorsque deux chaînes de montagnes se rapprochent, assez souvent l'espace intermédiaire forme une plaine élevée appelée plateau. Dans l'Amérique du nord, un des principaux plateaux est le *Grand Bassin*, situé entre le Lac Salé et la Sierra Nevada. Sa hauteur varie de 4000 à 4500 pieds. Le plateau du Thibet est à 10,000 ou 11,000 pieds de hauteur. Le grand plateau du Mexique, où est la capitale Mexico, a une élévation moyenne de 7000 à 4000 pieds. Le plateau de Quito, dans les Andes, est à 10,000 pieds. Il est entouré d'une couronne de volcans, le Chimboraço, le Pichincha, le Cotopaxi, etc., qui atteignent 15,000, 18,000, 20,000 pieds et au-delà.

Plaines.—Les parties des continents qui ne sont pas sillonnées de montagnes portent le nom de plaines. Celles-ci à leur tour sont désignées sous différents noms, suivant l'aspect qu'elles présentent. Ce sont des *prairies*, si leur surface se couvre d'herbes longues et abondantes, comme à Manitoba. Les *déserts* sont des plaines arides dont la surface est occupée par

des rochers ou des monticules de sable, et sur lesquelles aucune plante ne peut végéter. Tels sont les déserts de Sahara et de Gobi. Les *steppes* herbeux de la Hongrie, ceux qui entourent la mer Caspienne et le lac d'Aral, les *landes* de Gascogne, les *llanos* et les *pampas* de l'Amérique du sud sont autant de plaines caractérisées par une physionomie particulière.

Relation entre la hauteur des chaînes de montagnes et la profondeur des mers voisines.—Il est facile de constater un fait assez remarquable ayant rapport aux dimensions des océans et à la hauteur des chaînes qui se dressent sur leurs rivages. Une grande masse montagneuse avoisine toujours un grand océan, et une chaîne plus petite borne une mer plus étroite. Cette disposition est frappante pour les deux Amériques. Sur la côte ouest, près du Pacifique, se dressent les massifs des Montagnes Rocheuses et des Cordilières, tandis qu'à l'est, sur les bords de l'Atlantique, qui n'est guère qu'un bras de mer comparé au Pacifique, s'étend la maigre chaîne des Appalaches et des montagnes du Brésil. En Asie, les monts Himalayas, les plus hautes montagnes du monde, sont placés du côté de l'Océan indien, l'océan le plus profond. En Afrique, les montagnes de la côte orientale sont beaucoup plus fortes que celles de la côte occidentale. On dirait que la force qui a creusé le lit des océans a réagi sur les rivages continentaux, de manière à y produire des rides, dont les dimensions fussent en rapport avec celles de la cavité océanique qui les entoure.

Ces masses de montagnes qui atteignent des hauteurs de quatre ou cinq milles et qui s'étalent sur des

milliers de lieues en superficie, deviennent absolument insignifiantes si on les compare au volume de la terre. Sur un globe de deux pieds de diamètre, le plus grand massif montagneux serait représenté par une épaisseur d'à peu près un soixantième de pouce. C'est donc une grande exagération que de comparer ces légères aspérités aux rugosités qui recouvrent l'écorce d'une orange.

La figure 64 est une section transversale des Mon-



Fig. 64.

tagnes Rocheuses. Elle montre comment ces montagnes, qui ont jusqu'à 14,000 pieds de hauteur, sont limitées par des pentes très douces et constituent un renflement très peu marqué à la surface du continent américain. Le fait devient encore plus frappant quand on sait que, dans cette section, l'échelle des hauteurs est 70 fois plus grande que celle des longueurs, et que, pour avoir une juste idée du profil de cette puissante chaîne, il faudrait, la longueur de la section restant la même, mettre le plus haut sommet à un quinzième de millimètre au-dessus de la ligne horizontale !

Fig. 64—Profil des Montagnes Rocheuses. L'échelle des hauteurs est 70 fois plus grande que celle des longueurs.

LIVRE DEUXIÈME.

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Roches, leurs différentes espèces.

Lorsqu'on pénètre au fond de l'océan, lorsqu'on creuse le sol arable, on trouve à une distance variable une partie plus dure, plus résistante, qu'on appelle le roc. Ce roc, bien qu'on ne puisse pas le voir partout, recouvre toute la surface de la terre. Le plus souvent on le trouve composé de feuillets, d'épaisseur, de composition, de consistance très variée, et superposés les uns aux autres. Tel est le roc de Québec et de toute la partie est de la Province. Tels sont encore le calcaire et les schistes des environs de Montréal. Ailleurs le roc se rencontre en masses plus homogènes, plus compactes. Si l'on voit encore des traces de feuillets, ces derniers sont durcis et intimement soudés les uns aux autres. C'est là le roc des Laurentides ainsi que les schistes cristallins des Cantons de l'Est. Enfin on

trouve des masses rocheuses qui n'ont pas même l'apparence d'une stratification quelconque. Elles sont dures, cristallines, et semblent avoir été soumises à une très forte chaleur, quelquefois même on dirait qu'elles ont été complètement fondues. Telle est l'apparence du roc de la montagne de St-Anselme, des montagnes de Montréal, de Belœil, de Rougemont, etc. Ces différences de structure nous permettent d'établir certaines distinctions qui rendent plus facile l'étude des roches qui composent la croûte terrestre.

On appelle *roche* en géologie, *toute masse minérale qui se rencontre en amas tellement considérable qu'il faille en tenir compte dans l'étude des terrains géologiques.* Quelquefois les roches sont dures : Granite, Grès, Trapp ; quelquefois elles sont très friables : Argiles, Sables. L'état physique et la composition chimique, quelque variés qu'ils soient, n'empêchent pas une substance d'être classée parmi les roches du moment qu'on la trouve en grande quantité à la surface du globe. Géologiquement parlant, l'air, l'eau, sont des roches, à plus forte raison, les sables et le sol arable.

Minéraux constitutifs des roches.—Ces minéraux sont relativement peu nombreux, nous ne ferons que les énumérer ici, nous en avons donné la description en Minéralogie. Ces espèces minérales sont : le Quartz, les Feldspaths, les Micas, les Amphiboles et les Pyroxènes, les Grenats, la Tourmaline, l'Andalousite, le Talc, la Serpentine, le Carbone,

le Calcaire, la Dolomie, les Argiles et quelques autres moins importantes. (1)

En tenant compte des apparences que nous constations dans les roches dès le commencement de cette étude, on peut les partager en trois catégories, les roches *neptuniennes, métamorphiques* et *plutoniques.*

Roches neptuniennes ou de sédiment.—Ce sont des roches qui se sont déposées au sein des eaux et qui n'ont pas été profondément modifiées dans leur texture ou leur composition par l'action des agents physiques ou chimiques.

Caractères distinctifs.—Ces roches forment des terrains qui sont toujours stratifiés. Elles doivent cette disposion à leur origine même. Du moment qu'une roche résulte de dépôts se faisant au sein des eaux, ces dépôts sont nécessairement une masse de lits superposés, d'épaisseur et de composition variables, suivant la quantité et la nature des minéraux charroyés par les eaux. Elles sont encore caractérisées par deux espèces de débris : fragments de roches plus anciennes et restes d'être vivants. En effet les matières en suspension dans l'eau, sont le plus souvent des sables, des argiles, qui résultent de l'usure ou de la

---

(1) Ces minéraux constituants sont quelquefois en parcelles tellement tenues que l'œil ne peut les distinguer On a alors recours au microscope. Les services rendus à la science par l'examen microscopique des roches sont tellement grands, que ce genre de recherches forme actuellement comme un département à part en géologie et constitue une des principales bases de la lithologie pratique.

décomposition des roches avoisinantes, et qui sont charroyés par les rivières et les fleuves. De plus les carcasses d'animaux peuvent être mêlées à ces dépôts, et rester là comme échantillons des espèces qui vivaient sur la terre lorsque ces terrains de sédiment se formaient.

Principales roches neptuniennes. Ces roches sont calcaires, siliceuses ou argileuses. Chacun de ces trois groupes d'espèces forme à lui seul des roches, ou encore ces minéraux se mélangent ensemble pour donner lieu à des roches composées. Le nombre des espèces de roches neptuniennes est donc considérable. Voici les principales :

Grès.—Les grès ne sont rien autre chose que des lits de sable solidifiés. La présence d'un peu de sesquioxyde de fer ou de silicate de protoxyde de fer, leur donne différentes teintes jaunes, brunes, rouges ou verdâtres. Les variétés les plus pures et les plus dures, comme nos grès de Potsdam, sont souvent appelées *quartzites.* Il est assez probable que quelques quartzites doivent leur dureté à un commencement de métamorphisme. On dirait quelquefois que les grains se sont compénétrés, comme à la suite d'un commencement de fusion. La matière qui a cimenté le sable est une solution minérale, souvent calcaire, quelquefois siliceuse. Le grès forme une excellente pierre de construction.

Conglomérats.—Augmentons le volume des particules d'un grès, varions leur composition et nous aurons un conglomérat. On donne souvent au conglomérat le nom de *poudingue.* Les conglomérats

abondent dans le Groupe de Québec. Il y a à la Pointe-Lévis et ailleurs, des lits puissants de conglomérats magnésiens. On appelle plus particulièrement *brèche* des conglomérats à fragments anguleux.

Schistes.—Ce terme est très général et désigne plutôt une structure qu'une espèce de roche en particulier. On peut prendre comme type de ces roches, l'ardoise, qui n'est qu'une argile durgie. Les lits d'ardoise se fendillent facilement et avec une certaine régularité, fig. 64. La couleur de l'ardoise varie ; en général elle est sombre vu le mélange d'un peu d'oxyde de fer ou de matières charbonneuses ou bitumineuses. Il y a des carrières d'ardoises exploitées dans les Cantons de l'Est.

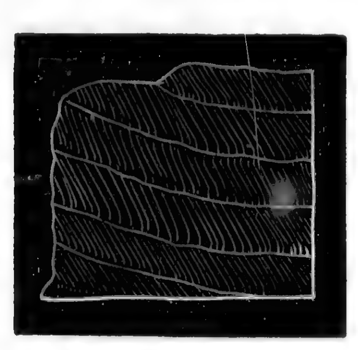


Fig 65.

Les schistes prennent différents qualificatifs suivant la nature de la substance qui est mélangée à l'argile. Ainsi, à part les schistes *argileux* proprement dits, il y a les schistes *talqueux*, auxquels le talc communique son toucher onctueux, les schistes *chloriteux*, *siliceux* qui contiennent du sable, les schistes *calcaires*, *carburés*, etc. Ces derniers peuvent quelquefois servir de combustibles. Les schistes *micacés*, *talqueux*, *chloriteux*, sont regardés comme des roches métamorphiques.

Fig. 60.—Lits de schiste, clivage oblique par rapport à la stratification.

Calcaire.—Voilà sans contredit une des roches qui se rencontrent le plus fréquemment. Elle se présente sous une foule d'aspects différents. Elle peut être amorphe ou cristalline. Sa composition essentielle est du carbonate de chaux, mais il est bien rare que le calcaire ne renferme pas, sous forme d'impuretés, plusieurs substances étrangères, comme du sable ou des matières bitumineuses. Ainsi le calcaire de Beauport, qui se trouve à une foule d'autres endroits du Canada, est remarquablement riche en bitume. Les variétés cristallines constituent les marbres, quoique ce nom soit donné assez souvent à n'importe quelle roche à structure compacte et à grain fin, susceptible d'être polie. Les formations laurentiennes du Canada sont riches en marbres, malheureusement la présence de cristaux de pyroxène ou de mica leur enlève souvent beaucoup de leur valeur.

Tuf calcaire, Travertin.—L'eau chargée de l'acide carbonique provenant de l'atmosphère ou des matières organiques en décomposition, peut aisément dissoudre le calcaire, mais les bicarbonates qui se forment ainsi sont facilement décomposables. Quelquefois, la simple exposition à l'air suffit pour provoquer cette décomposition et produire un dépôt de calcaire. Ces dépôts sont souvent poreux, quelquefois grossièrement cristallins, comme dans les stalactites et les stalagmites. Les lits calcaires qui originent de ces sources sont désignés sous le nom de *Tufs calcaires* ou *Travertins.*

Les *Dolomies*, mélanges des carbonates de chaux et de magnésie, constituent souvent à elles seules des

assises puissantes. Les *Dolomies*, se rencontrent abondamment en Canada.

Si le calcaire renferme 15 ou 20 p. 100 de matières argileuses, il constitue la pierre à ciment. Si la quantité d'argile augmente et que la roche soit friable, on a les *marnes calcaires* ou *argileuses*, suivant que le calcaire ou l'argile prédomine. Les marnes se trouvent à Lorette, en différents endroits du district de Rimouski, au Saguenay et ailleurs.

Enfin les *Argiles* sont encore des roches neptuniennes, ainsi que les *Houilles*, le *Gypse* et le *Sel-gemme*. Nous les avons décrites en minéralogie.

ORIGINE DES ROCHES NEPTUNIENNES. — Quelques-unes ont une origine purement mécanique ; tels sont les grès, les conglomérats, quelques argiles. Sous l'influence de diverses causes, les rochers préexistants se réduisent en fragments plus ou moins gros, constituant les graviers, les sables ou les argiles. Ces fragments sont transportés par les eaux, et lorsque le courant est trop faible pour les maintenir en suspension, ils tombent au fond pour y former de nouvelles roches.

Certains calcaires, les travertins, ont une origine chimique. Cependant il y a des raisons de croire que les calcaires qui sont dus à cette cause sont rares.

Les acides que renferme l'humus ont sur les roches une action décomposante très remarquable. C'est à eux qu'on doit la formation incessante des dépôts considérables de limonite qui semblent inépuisables, vu qu'ils se régénèrent à mesure qu'on les exploite.

Le *Gypse* et le *Sel-gemme* ont évidemment une origine chimique.

Enfin la vie a contribué pour une large part à la formation des roches neptuniennes. La plupart des calcaires ne sont en réalité que des amas de débris de coquilles. A Beauport, à Deschambault, le calcaire fourmille de fossiles : coraux, mollusques, etc. La craie n'est que la réunion de coquillages microscopiques. Les lits de terre d'infusoires sont formés uniquement par des coquilles microscopiques siliceuses. Ajoutons encore les Houilles, dont l'origine est évidemment organique.

Roches métamorphiques. —Les roches métamorphiques sont des roches neptuniennes, qui, soumises à une forte chaleur, ont pu cristalliser, la chaleur toutefois n'ayant pas été assez forte pour leur faire perdre leur stratification. Ce sont des roches stratifiées cristallines. De cette manière un calcaire grossier se change en un marbre souvent veiné, renfermant des nids serpentineux, des cristaux de pyroxène, des parcelles de graphite, des micas, grenats, etc.

Les schistes argileux se changent par le même procédé, en *ardoise tégulaire*, en schistes *hornblendiques* ou *talqueux*. Ce métamorphisme peut être local ou s'étendre à de grandes surfaces.

Les roches métamorphiques abondent en Canada. Elles constituent presque toutes les Laurentides, une grande partie des rochers des Cantons de l'Est et les montagnes Notre-Dame. Nous en décrirons ici les principales espèces.

Granite.—Le granite n'est pas toujours une roche

métamorphique, il est assez souvent éruptif. Cependant, après les belles recherches microscopiques du P. Renard sur les roches éruptives des Ardennes, après l'examen microscopique de nos granites canadiens eux-mêmes, il faut admettre pour quelques-uns d'entre eux une origine analogue à celle des roches métamorphiques. En effet, ils renferment beaucoup d'eau, quelquefois jusqu'à 20 p. 100. Cette eau est dans des vacuoles, à l'intérieur même des particules quartzeuses du granite. Or la présence de cette eau s'expliquerait difficilement en supposant à cette roche une origine exclusivement ignée. De plus, dans certains cas, on passe par une gradation insensible des masses granitiques aux *Gneiss* qui sont certainement métamorphiques, ce qui laisse soupçonner une communauté d'origine.

Quelle que soit son origine, le Granite est constitué essentiellement par du *Quartz*, de l'*Orthose* et du *Mica* mélangés, en grains ordinairement réguliers et visibles à l'œil nu. Cette roche est très dure, difficile à travailler à cause de sa structure cristalline. Les Granites présentent une assez grande variété d'aspects, suivant la nature, la couleur de l'orthose et du mica. Le rapport des quantités des trois espèces minérales composantes n'est pas déterminé. Un Granite sans mica est appelé *Pegmatite.* Si le talc se rencontre avec le mica, on a le *Protogine.* Si c'est la hornblende qui remplace le mica, la roche prend le nom de *Syénite.* Un mélange intime et compacte de quartz et d'orthose constitue le *Pétrosilex* ou *Felsite.* Ces dernières roches sont plus particulièrement regardées comme plutoniques.

Gneiss.—Mêmes éléments que le granite, mais la roche est stratifiée. Il renferme des variétés analogues à celle du granite.

Micaschistes.—Composés essentiellement de quartz et de mica. Les lamelles de micas sont toutes parallèles, aussi cette pierre peut-elle se séparer facilement en feuillets. Les feuillets sont très souvent contournés, fig. 66. Texture brillante, assez douce au toucher. Les micaschistes par l'atténuation de leur grain, passent insensiblement à l'ardoise, et vice versa. Il peut y avoir entre eux et les gneiss des transitions presque insensibles. Les micaschistes abondent dans les Cantons de l'Est.

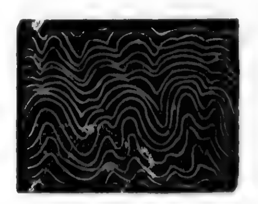


Fig. 66.

Pour compléter cette liste, nous nommerons l'*Anorthosite*, nom donné par le Dr T. S. Hunt à une roche feldspathique (feldspaths tricliniques) qui se rencontre dans le Laurentien supérieur, au Château-Richer, au Saguenay et ailleurs. L'*Hypérite*, roche hypersthénique, est une variété de la précédente.—La *Pyroxénite* l'*Amphibolite*, la *Wollastonite* , les roches *épidotique*, etc.—La *Serpentine* forme souvent à elle seule de puissantes masses rocheuses métamorphiques.

Roches plutoniques.—On donne ce nom à des roches vitreuses ou cristallines, ne présentant aucune trace de stratification régulière, et qu'on suppose avoir été fondues sous l'influence de la chaleur in-

---

Fig. 66.—Feuillets contournés de micaschiste.

terne du globe. Elles ont été rejetées à l'extérieur, grâce à des fissures qui se sont produites dans les couches supérieures. Le plus souvent ces fissures sont irrégulières. Les roches plutoniques, après avoir rempli ces issues, se sont répandues à la surface du sol en nappes assez considérables, recouvertes plus tard par des sédiments. L'origine de ces roches justifie donc les qualificatifs d'*intrusives* et d'*éruptives* qu'on leur donne.

Origine.—Est-il bien certain que ces roches aient éte rejetées à l'extérieur à l'état de fusion *ignée?*—Pour quelque-unes d'entre elle, il n'y a aucun doute. Tels sont certains Trachytes ou Basaltes qui ne se distinguent pas de laves récentes. Sur les lèvres des fissures remplies ainsi par des roches fondues, les lits ont été profondément modifiés. La houille a été réduite en cendres ou changée en coke; les argiles ont été cuites, les grès sont devenus très compactes et les calcaires ont été changés en marbres saccharoïdes. Mais en revanche, il ne manque pas d'exemples de roches intrusives qui semblent n'avoir eu aucun effet sur les lits qu'elles ont traversés. De là on conclut que, bien que ces roches aient été un jour assez plastiques pour remplir les fissures de la croûte terrestre, on ne peut pas admettre cependant qu'elles aient été fondues à la manière des laves volcaniques. La même conclusion se tire encore du fait que beaucoup de granites et de syénites, contiennent une large proportion d'eau. La forme anguleuse du quartz est également contraire à l'idée d'une fusion ignée. Toutefois le quartz se rencontre dans le

même état, mais en très petite quantité, dans certains trachytes, et cependant ces derniers ont été fondus. De plus quelques syénites passent par des transitions insensibles aux basaltes.

Une grande obscurité règne donc sur l'origine des roches dites plutoniques. Si quelques-unes ont certainement été fondues par l'action seule du feu, d'autres ont pu être ramollies par l'action simultanée du feu et de l'eau, opération qui a quelque analogie avec le métamorphisme et qui fait ranger certains granites parmi les roches métamorphiques.

Classification des roches plutoniques.—Les minéralogistes et les géologues sont loin de s'entendre sur la classification à adopter relativement aux roches dites plutoniques. Le microscope, en révélant la structure cryptocristalline de certaines roches regardées jusqu'ici comme amorphes, a singulièrement compliqué le problème. Grâce à lui, il a été possible de rectifier certaines erreurs de classification, et de ranger parmi les roches plutoniques quelques roches regardées comme sédimentaires et vice versa. Nous ne parlerons ici que des espèces de ce groupe les mieux caractérisées. Les Granites et Syénites ont déjà été décrits avec les roches métamorphiques.

Porphyre.—Le véritable Porphyre est une roche feldspathique compacte, qui renferme un certain nombre de cristaux de feldspath plus pâles, disséminés dans la masse. Une surface polie présente donc une foule de fragments anguleux, fig. 67. Toutefois le mot porphyre est souvent employé pour dé-

signer plutôt la structure que la composition particulière d'une roche. Toute roche à texture compacte et massive, renfermant des cristaux de même substance ou de substance étrangère, empâtés dans la masse, est un Porphyre.

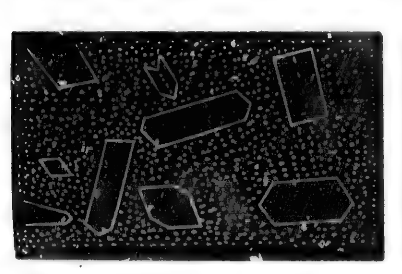


Fig. 67.

Basalte.—Roche généralement noire, foncée, tirant un peu sur le vert. Structure compacte. Constitué essentiellement par un mélange très intime de Labradorite et d'Augite. On y trouve aussi de l'oxyde magnétique, du fer titané, quelques silicates zéolithiques et du carbonate de chaux et de fer. Les Basaltes sont facilement

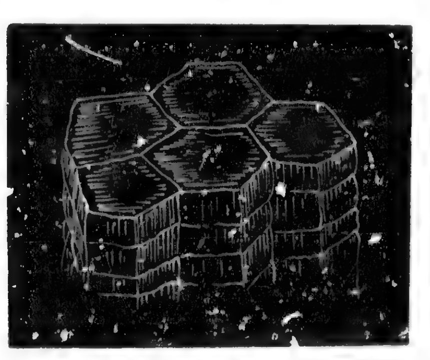


Fig. 68.



Fig. 69.

Fig. 67.—Section d'un porphyre.
Fig. 68.—Structure colonnaire des basaltes, d'après Dana.
Fig. 69.—Veine basaltique.



fusibles et partiellement attaqués par les acides. On les trouve en filon, en nappes assez étendues, ou en amas isolés, comme les montagnes de Montréal, Belœil et Rougemont. Lorsque les Basaltes se sont répandus en masses puissantes sur les terrains de sédiment, ils se sont généralement fendillés durant leur solidification, et ce fendillement, se faisant avec une certaine régularité, donne aux nappes basaltiques une apparence qui ressemble un peu à une cristallisation grossière, fig. 68. Tels sont les Basaltes de la Chaussée des Géants, de la Grotte de Fingal. Ces colonnes basaltiques sont toujours perpendiculaires à la surface du lit et ceci s'applique même aux filons ou aux dykes basaltiques, fig. 69. La composition des Basaltes est susceptible de varier beaucoup ; c'est ce qui explique le grand nombre de noms donnés par les auteurs à différentes variétés plus ou moins bien définies. Tels sont les noms : *mélaphyre*, *diabase*, *basalte porphyroïde*, etc.

Les principales variétés de structure sont : le Basalte *massif* ou *lithoïde*, la Basalte *schisteux* et le Basalte *colonnaire*.

Trapp.— Même composition que le précédent les feldspaths peuvent cependant se substituer les uns aux autres. En réalité c'est la même roche, avec une différence de structure. Les Trapps sont presque toujours amigdaloïdes ou porphyroïdes.

Diorite.—C'est un Trapp granitique, composé d'un Feldspath à base de soude ou de chaux (Oligoclase) et d'Hornblende. Il contient souvent un peu de Calcaire, de Magnétite, etc. Coloration presque toujours

vert foncé, à cause de la Hornblende. La transition de cette roche au Basalte lithoïde est tout à fait insensible. Structure massive, amigdaloïde ou porphyroïde. Poids spécifique 2.6 à 2.9.

Dolérite.—C'est un basalte ou un trapp à structure granitique, les grains toutefois restant très ténus. Lorsqu'elle renferme des minéraux hydratés comme le Chlorite, on lui donne le nom de Diabase. On appelle *Péridotite*, une Dolérite contenant des grains d'*olivine* ou de *péridot.*

Trachyte.—Roche essentiellement feldspathique. Les Trachytes typiques se composent presque uniquement de Feldspath orthose. La couleur n'est jamais foncée. Ce sont de véritables laves des volcans anciens. Ils sont généralement poreux ; leur surface est dure, rugueuse. Ils renferment presque toujours des cristaux de Feldspath, quelquefois de Quartz ou d'Amphibole. Les Trachytes renfermant des minéraux zéolitiques sont appelés *Phonolites.* Les Trachytes abondent aux environs de Montréal. Le Phonolite se trouve près de Lachine.

Laves.—Toute roche qui s'écoule à l'état de fusion des cratères volcaniques. Les laves sont le plus souvent poreuses, scoriacées. Leur composition est celle des Dolérites, Péridotites ou Trachytes. La Pierre ponce est une lave vésiculeuse, extrêmement légère, se rapprochant des trachytes.

Lorsque les laves sont compactes, vitreuses, elles portent plus spécialement le nom d'Obsidiennes. Eclat résineux ; cassure conchoïdale. Couleur brune ou sombre.

CHAPITRE DEUXIEME.

Veines et filons.

Sous le nom de *veines* et de *filons* nous comprenons les accumulations de minéraux, quelles que soient leur nature et leur origine, que l'on trouve dans les fissures de la croûte terrestre. L'étude de ces veines vient naturellement après celle des roches plutoniques, parce que plusieurs d'entre elles ont été évidemment formées par des roches fondues venant de l'intérieur, et que les autres, pour la plupart, doivent leur existence soit à des sublimés métalliques, soit à des solutions minérales, provenant encore de l'intérieur du globe, et à l'origine desquels la chaleur centrale a eu une grande part.

L'épaisseur, ou, comme on dit, la *puissance* des veines varie depuis quelques lignes jusqu'à des centaines de pieds. Leur direction à la surface du sol est essentiellement variable, parceque les fissures auxquelles elles doivent leur origine se produisent irrégulièrement. En géneral leur direction à l'intérieure du sol se rapproche de la verticale et elles atteignent à des profondeurs inconnues. Elles renferment souvent des minérais utiles, et de fait, bon nombre de ces minérais sont extraits exclusivement des veines métallifères. Leur nombre dans une même contrée varie beaucoup. Ici une roche sera toute criblée de veines, plus loin celles-ci seront très rares, ailleurs il n'y en aura pas du tout. Les veines ou filons sont sont toujours rares dans les terrains qui ont été peu modifiés, elles sont nombreuses dans les terrains mé-

tamorphisés ou dans le voisinage d'éruptions ignées. Elles sont toujours plus récentes que les terrains qu'elles traversent.

On partage les veines en deux groupes que nous étudierons successivement: les *dykes* et les *veines* proprement dites.

Dykes.—Ce sont des fissures de la croûte terrestre,

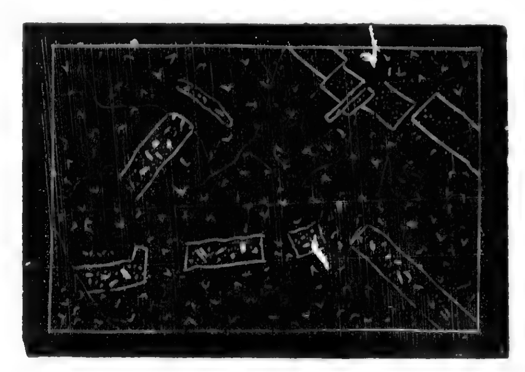


Fig. 70.

remplies par des matières fondues venant de l'intérieur du globe. La matière des dykes est donc une roche de la nature des basaltes. Elle peut être compacte ou porphyroïde. Dans ce dernier cas les cristaux du centre sont plus développés que ceux des bords, fig. 70 et 71 *b*, à cause du refroidis-

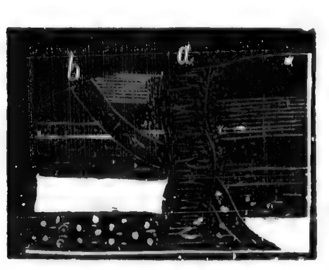


Fig. 71.

Fig. 70.—Dyke observé à Marblehead, près de Boston.

Fig. 71.—*b* dyke porphyroïde, *a* dyke colonnaire plus récent que le précédent.

sement plus lent. C'est là une preuve évidente que ces dykes ont été remplis par des matières fondues. Une autre preuve est la cuisson et le métamorphisme qu'ont subis les roches avoisinantes ; dans la figure 71, la partie qui touche le dyke *a* est cuite de cette manière. Ajoutons encore la structure colonnaire, caractéristique des basaltes, qu'on rencontre dans plusieurs dykes, fig. 71. Elle n'est pas toujours bien marquée, mais il en existe au moins des indices. Les *lèvres* de ces dykes sont toujours nettement définies, ce qui les distingue des veines. S'il arrive que les roches qui bordent un dyke disparaissent par érosion, la matière plus dure, plus résistante, du dyke fait alors saillie à la surface du sol. Ce phénomène est très marqué en quelques endroits des rivages du Lac Supérieur.

Veines proprement dites.—Les veines proprement dites sont de deux espèces, les veines qui doivent leur existence à des fissures produites par la compression et le retrait des roches, et celles qui résultent de profondes cassures de la croûte terrestre. Les premières sont toujours étroites ; elles sont remplies par des solutions minérales pénétrant à travers les lits voisins et y dissolvant diverses substances qui vont ensuite se déposer dans ces fissures. Elles existent souvent en grand nombre dans une roche, fig. 72. Les autres que nous appellerons *veines de fracture*, sont de beaucoup les plus importantes, parce que ce sont elles surtout qui renferment les minérais recherchés par les mineurs. Dans ce dernier cas, on y distingue le minérai lui-même

et les minéraux qui l'accompagnent, désignés sous le nom général de *gangue*. Cette gangue est presque toujours composée de Quartz, Calcaire, Barytine ou Fluorine. Comme nous l'avons dit plus haut, l'allure des veines est très irrégulière ; leur direction varie quelquefois brusquement. Ici une veine sera très étroite, plus loin elle s'élargira considérablement pour s'étrangler encore et ainsi de suite, fig. 73. Une veine irrégulière englobe souvent dans sa masse, des morceaux de la roche avoisinante.



Fig. 72.

La structure des veines proprement dites est bien différente de celle des dykes. Si une seule espèce



Fig. 73.

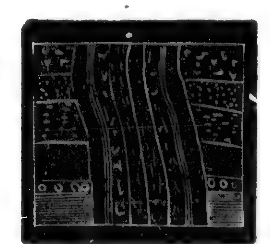


Fig. 74.

minérale les remplit, elles sont homogènes dans toute leur épaisseur ; mais si plusieurs espèces en-

---

Fig. 72.—Fragment de roche veinée.
Fig. 73.—Pincement d'une veine.
Fig. 74.—Structure rubanée d'une veine.

trent dans leur composition, leur structure est rubanée, les feuillets étant tous parallèles aux côtés de la veine. Dans la figure 74, les bandes sont alternativement, Quartz, Micaschiste, Gneiss granitique et Gneiss ordinaire. Assez souvent les minéraux remplissant la veine, sont arrivés en petite quantité, soit à l'état de vapeur, soit à l'état de solution, alors ils ont cristallisé, et, les cristaux se formant perpendiculairement aux murs de la veine, il en résulte qu'une section de celle-ci a l'apparence des dents d'un peigne,*a* fig.75. Cette structure est éminemment caractéristique des veines de fracture. Dans cette figure *d* est de la galène, *cc* sont deux lits de barytine, *bb* deux lits de fluorine et *aa* deux lits de quartz cristallin.

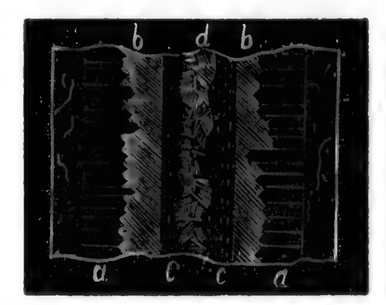


Fig. 75.

Importance, au point de vue économique, de l'étude des veines et des dykes.—Cette étude est très importante, particulièrement celle des veines, les dykes ne renfermant presque jamais de minérais utiles. Les veimétallifères portent plus spécialement le nom de *filons*. Il ne faut pas croire que toute veine métallifère constitue une véritable mine. Car il peut arriver que le métal s'y trouve en trop petite quantité pour donner des profits aux mineurs. Quelquefois encore, une veine assez riche, susceptible en elle-mê-

---

Fig. 75.—Structure en peigne (*comb structure*) d'une veine (Leconte).

me d'être exploitée avec profit, devient inexploitable, à cause de sa direction ou de ses irrégularités.

Quand donc on a reconnu dans une veine l'existence d'un métal, avant de commencer l'exploitation, il faut s'assurer d'abord si le métal existe en proportion notable. On examine ensuite l'allure, la puissance de la veine; on voit si elle est régulière ou non, si elle s'enfonce verticalement dans le sol. On doit aussi examiner s'il n'y a pas dans les environs d'autres veines de même nature, car souvent des veines identiques par leur composition sont parallèles et assez près les unes des autres. Cette examen préliminaire permet d'évaluer approximativement, et le coût de l'exploitation et la valeur du produit qu'on pourra en retirer.

Il serait de plus imprudent de juger de la composition d'une veine métallifère par l'examen des parties superficielles. L'altération due à l'action atmosphérique modifie en effet beaucoup la nature des minérais qui s'y trouvent.

Fig. 76.

Il arrive encore souvent que ces veines, filons, dykes, etc., sont cassés, interrompus par des failles, ou par d'autres veines, qui les traversent de part en part. Cette intersection mutuelle de différents sys-

---

Fig. 76.—Plusieurs filons d'âge différent.

tèmes de veines permet d'établir leur âge relatif, les veines les plus anciennes étant évidemment celles qui sont traversées par les autres. Dans la fig. 76, il y a plusieurs systèmes de veines, *aa*, *bb*, *cc*, *dd*, d'âge différent. Il arrive enfin souvent qu'une veine est cassée par suite d'une fracture de la croûte terrestre sans que pour cela il se forme d'autres veines qui la traverse. La figure 70 représente un dyke de trapp que nous avons observé sur le rivage, à Boston. C'est un exemple frappant des cassures multiples qui ont lieu dans des roches en apparence très dures. Les murailles de ce dyke sont une syénite granitoïde très compacte.

CHAPITRE TROISIEME.

Modification des terrains stratifiés.

Structure des terrains stratifiés. —Nous avons déjà fait connaître l'apparence générale de ces terrains dans l'étude des roches neptuniennes. Ils se composent de *lits*, de *feuillets*, de *couches* superposées, variant souvent en composition, en structure, en apparence, d'un lit à un autre. Ces termes: *lit*, *feuillet*, *couche* et autres du même genre, sont employés à peu près indifféremment les uns pour les autres. Les mots *terrain*, *formation*, désignent plus particulière- l'ensemble des couches qui se sont formées à une même époque géologique.

La structure des lits peut être *compacte*, *laminaire*, *schisteuse*, suivant l'état physique des pierres qui

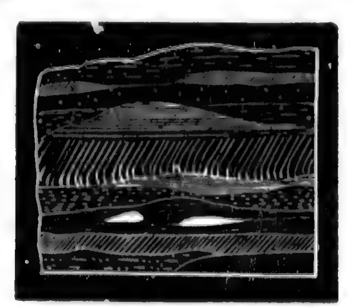


Fig. 77.

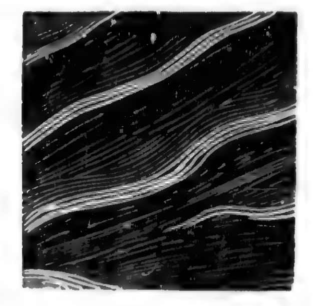


Fig. 78.

les composent. La figure 77 représente la structure des rivages, structure qui se produit surtout sous



Fig. 79.

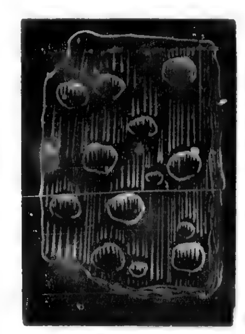


Fig. 80

l'influence du flux et du reflux. La structure des

Fig. 77.—Structure des rivages.
Fig. 78.—Ondulations laissées par les vagues sur le sable.
Fig. 79.—Fissures causées par le desséchement des lits.
Fig. 80.—Empreintes des gouttes de pluie.

dunes, masses de sables qui se déplacent sans cesse sous l'action du vent, se rapproche de la précédente, mais elle se trouve dans des assises rocheuses plus développées.

L'examen de la structure intérieure des lits nous

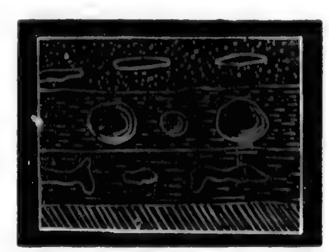


Fig. 81.

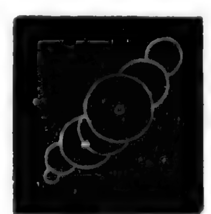


Fig. 82.

donne donc une idée des circonstances dans lesquelles ils se sont formés. Il en est de même de l'apparence de leurs surfaces. On y voit quelquefois ces

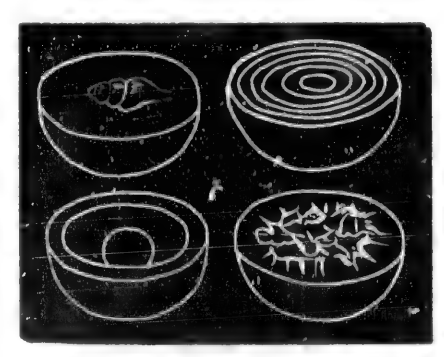


Fig. 83.

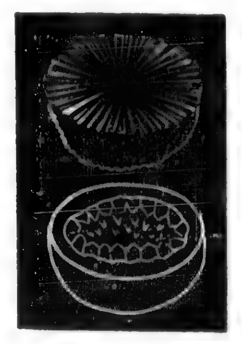


Fig. 84.

rides si jolies, si régulières, que laisse sur le sable

Fig. 81, 82, 83, 84.—Concrétions de diverses natures (Dana).

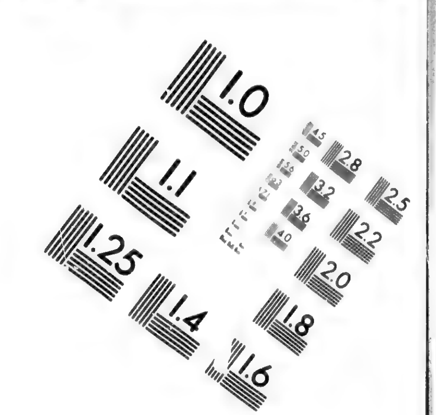
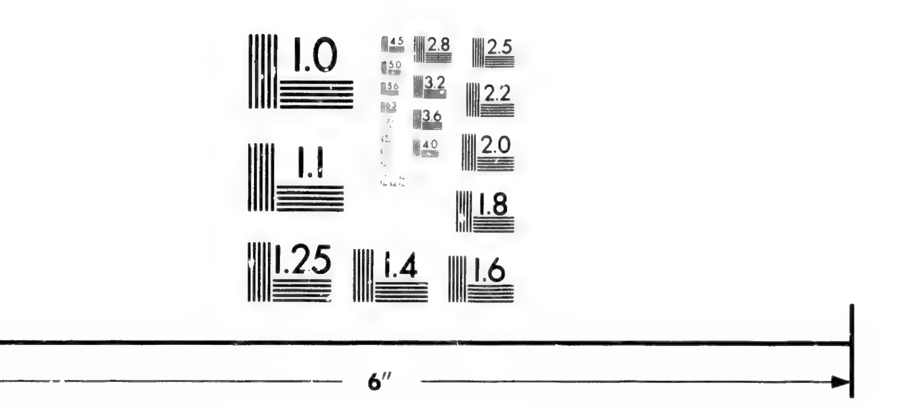
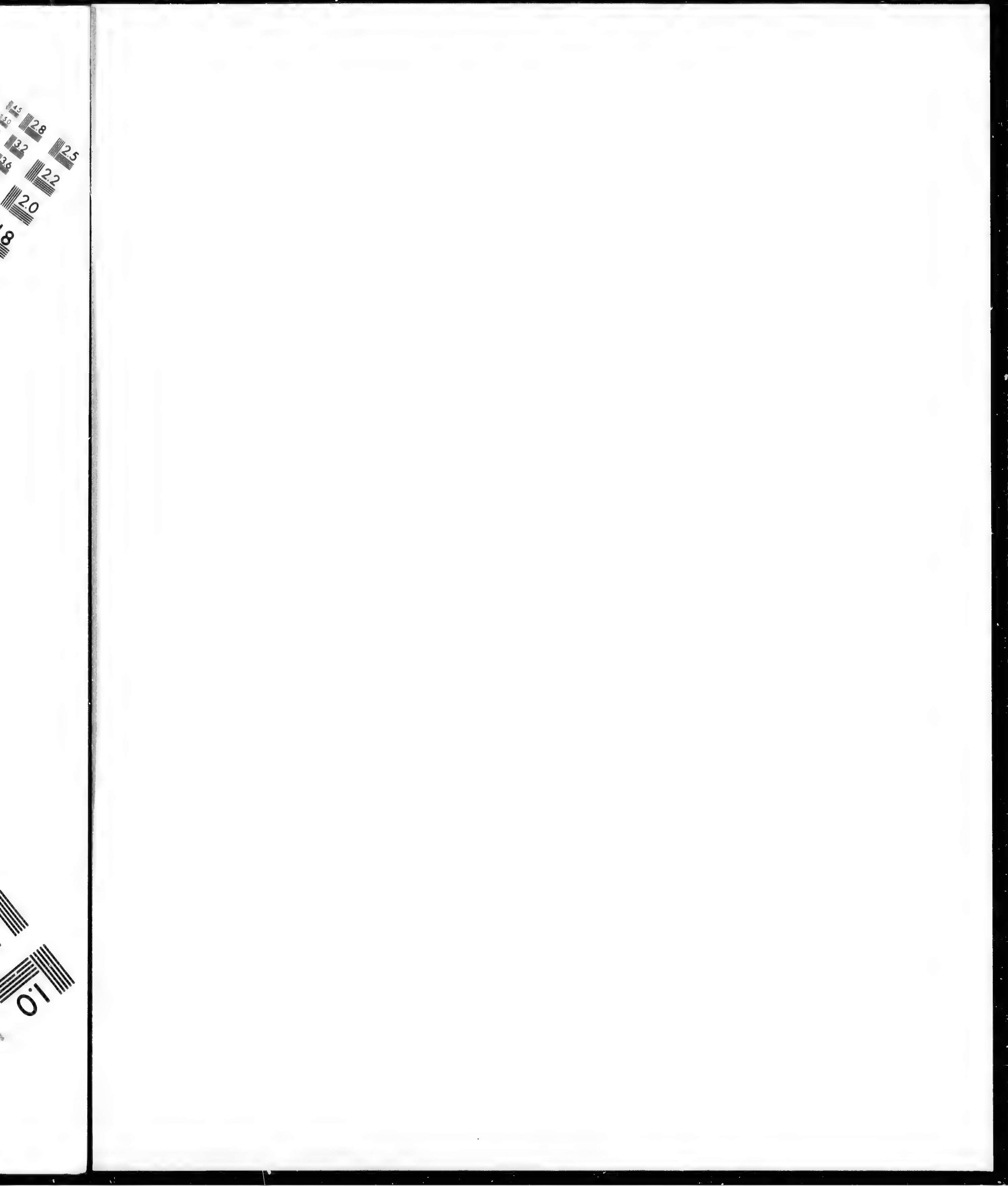


IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)



Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503


2.8
2.5
3.2
2.2
2.0
1.0

ou l'argile, l'eau qui se retire des rivages ou qui coule doucement sur un fond plastique, fig. 78. Ailleurs les lits, une fois formés, se sont desséchés et fendillés par leur exposition à l'air. Puis ces fentes, remplies plus tard par des matières étrangères, restent en saillie lorsque la roche primitive disparait, fig. 79. Enfin on trouve à la surface des lits d'argilites, les empreintes laissées par de grosses gouttes de pluie, tombées au moment où l'argilite était encore très molle, fig. 80. Ces empreintes sont tellement semblables à celles qu'on a produites artificiellement de nos jours, que tout doute sur leur origine est impossible.

Il n'est pas rare non plus de rencontrer dans les lits de sédiment, des concrétions, des rognons de diverses formes, fig. 81 et 82. Ces concrétions ont à leur tour une structure qui varie, fig. 83 et 84. Assez souvent il y a au centre un corps étranger, fig. 83. Les nodules argileux qui sont si abondants le long de l'Ottawa ont cette structure.

Joints, leur cause, leur importance en géologie.—On appelle joints des fissures très étroites, mais régulières et droites, qui se voient dans la plupart des lits et qui pénètrent souvent à une très grande profondeur. Si un même lit est traversé par plusieurs systèmes de joints ayant chacun une direction déterminée, les roches qui le composent se sépareront facilement en blocs réguliers, et on sera porté à y voir l'effet d'une grossière cristallisation. Les joints sont quelquefois tellement rapprochés, tellement nombreux, dans une même roche, que celle-ci

prend l'apparence schisteuse des ardoises, figure 85. Et de fait il est probable que la schistosité des ardoises ainsi que les joints sont produits par les mêmes causes, agissant d'une manière un peu différente. Ces joints peuvent très-facilement être confondus avec

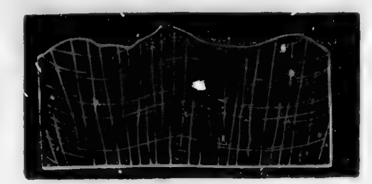


Fig. 85.



Fig. 86.

les plans de stratification : on en voit un exemple frappant dans le rocher de Québec, fig. 86, criblé en tous sens par une foule de fissures, qui font de l'étude de la stratification un vrai problème pour l'observateur novice.

Quelle est la cause des joints ?—Les joints existent surtout dans les terrains très tourmentés, qui ont été pliés, plissés de diverses manières, et soumis par conséquent à de fortes pressions. Leur direction n'a aucune relation avec l'orientation des lits, mais elle en a une bien marquée avec le sens des fractures ou des plissements qui se sont opérés sur une plus grande échelle. Nous citerons comme exemple, les



Fig. 87.

Fig. 85, 86.—Direction relative des lits et des joints.
Fig. 87.—Gneiss laurentien traversé par des joints.

joints qui existent dans les roches laurentiennes de la Côte Beaupré, le long de la rupture que l'on peut suivre depuis le Sault Montmorency jusqu'au Cap-Tourmente. Ils sont tous parallèles à cette rupture. On peut le constater tout particulièrement dans les falaises de la chûte Ste-Anne, fig. 87, et à l'extrémité du Cap-Tourmente.

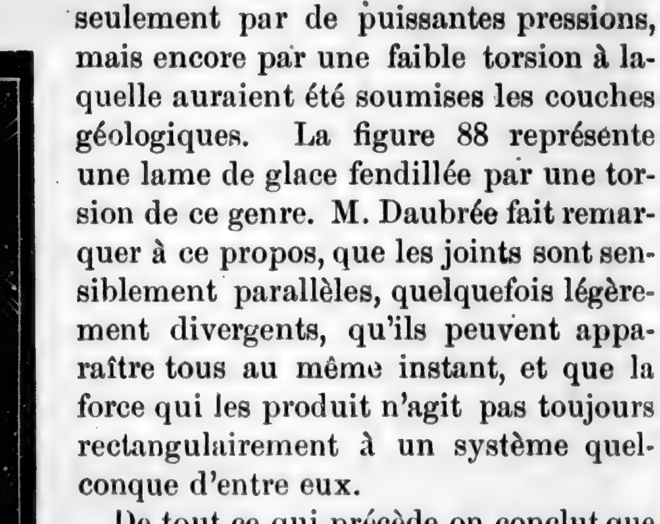
M. Daubrée a montré par des expériences remarquables que les joints pouvaient être causés non seulement par de puissantes pressions, mais encore par une faible torsion à laquelle auraient été soumises les couches géologiques. La figure 88 représente une lame de glace fendillée par une torsion de ce genre. M. Daubrée fait remarquer à ce propos, que les joints sont sensiblement parallèles, quelquefois légèrement divergents, qu'ils peuvent apparaître tous au même instant, et que la force qui les produit n'agit pas toujours rectangulairement à un système quelconque d'entre eux.



Fig. 88.

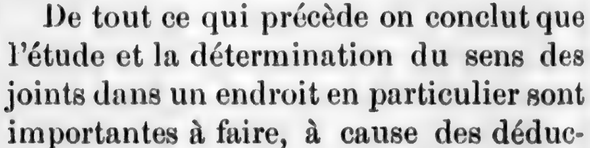
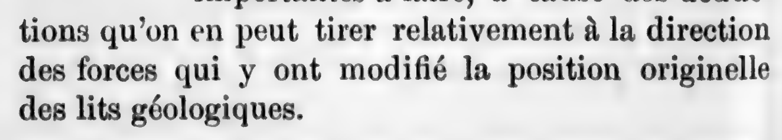

De tout ce qui précède on conclut que l'étude et la détermination du sens des joints dans un endroit en particulier sont importantes à faire, à cause des déduc-tions qu'on en peut tirer relativement à la direction des forces qui y ont modifié la position originelle des lits géologiques.

Fig. 88 —Fissures causées par torsion dans une lame de glace.

Nous avons vu plus haut que la structure schisteuse des ardoises avait quelques relations avec les joints. Cette structure en effet est également le résultat de pressions qui se sont fait sentir perpendiculairement à la surface de clivage des schistes. Ce fait est prouvé amplement par les belles expériences de M. Daubrée sur le fer, la fonte et l'argile rendus schisteux par la seule compression. M. Tyndall croit que dans cette compression énergique les particules anguleuses qui composent la roche sont comme *écrasées*, deviennent de véritables petites lamelles qui donnent à toute la masse la structure schisteuse. Le sens de clivage des ardoises est toujours oblique par rapport à la surface des lits, fig. 65.

Position originelle des lits sédimentaires.— Ces lits ont été d'abord des amas de sable, de glaise ou autres détritus rocheux. On peut dire qu'ils se sont presque tous formés horizontalement. Cela se conclut de leur mode de formation même et de la comparaison avec ce qui se passe encore de nos jours. En effet, dans les eaux, profondes ou non, les dépôts mécaniques se disposent toujours régulièrement.

Les deltas qui se trouvent à l'embouchure de plusieurs fleuves ont souvent des centaines, des milliers de milles en superficie. Or les lits qui les composent sont horizontaux. Quelques lits géologiques étaient autrefois des marécages semblables aux marais de notre époque, mais beaucoup plus étendus. Or le fond des marais est généralement horizontal, et les dépôts qui s'y forment sont nécessairement horizontaux.

Plusieurs lits de houille contiennent d'ailleurs des troncs d'arbres perpendiculaires à leur surface, fig. 89, qui témoignent de leur position primitivement horizontale.

Il n'y a d'exception à cette loi générale que pour les lits qui se forment au lieu de déversement d'une



Fig. 89.

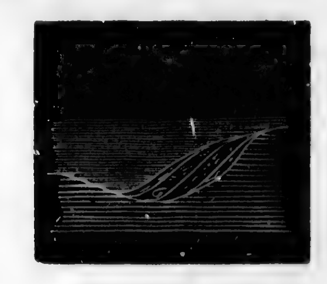


Fig 90.

rivière dans un lac ou dans la mer, fig. 90. Ces lits sont inclinés comme le fond du lac ou de la mer. Mais ce n'est là, en réalité, qu'une exception, et on peut dire que tous les lits géologiques ont été primitivement horizontaux.

Plissements, synclinales, anticlinales.—Les lits n'ont pas gardé leur position première. Ils ont été presque toujours pliés, plissés, cassés, de telle façon qu'on les rencontre dans une multitude de positions diverses. Ces plissements offrent différents caractères suivant qu'on les étudie dans des roches plus

---

Fig. 89.—Troncs d'arbres perpendiculaires à des lits maintenant inclinés mais primitivement horizontaux.

Fig. 90.—Dépôts inclinés formés à l'embouchure des rivières.

ou moins anciennes. Dans des roches très anciennes



Fig. 91.

les lits sont plutot plissés que pliés, et les plissements sont très nombreux fig. 91. Dans les roches



Fig. 92.

plus récentes les plissements sont plus réguliers fig. 92. Dans la fig. 93, on saisit à première vue le contraste qui existe entre les plissements de deux formation d'âge différent. Les terrains inférieurs, plus



Fig. 93.

Fig. 91.—Plissements des terrains laurentieux, (Logan).
Fig. 92.—Courbure des terrains paléozoïques, (Dana).
Fig. 93.—Superposition des terrains paléozoïques aux terrains éozoïques (Logan).

anciens, sont beaucoup plus tourmentés que les terrains supérieurs.

Dans le cas de plissements multiples, on appelle *anticlinale* cette ligne de chaque côté de laquelle les lits descendent, et *synclinale* cette ligne de chaque côté de laquelle les lits remontent. Ainsi dans la fig. 94, S est une synclinale et A une anticlinale. Il n'est pas nécessaire que les couches pliées restent entières pour qu'on puisse localiser une synclinale ou une anticlinale. Ainsi dans la figure 92 *b* est une synclinale et *a* une anticlinale.



Fig. 94.

DISLOCATIONS, FAILLES.—Non seulement les lits ont été pliés, mais encore ils se sont quelquefois rompus, et l'une des lèvres de la fente s'est déplacée par rapport à l'autre, fig. 95. La valeur de ce déplacement varie depuis une fraction de pouce jusqu'à plusieurs

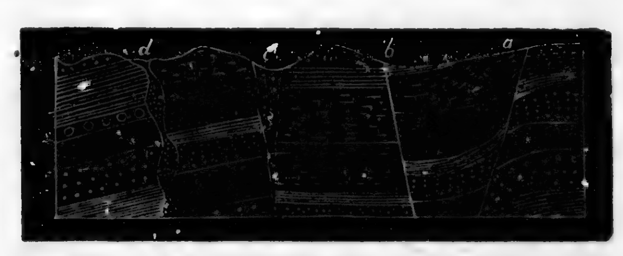


Fig. 95.

Fig. 94.—Anticlinales et synclinales.
Fig. 95.—Différents types de failles.

milliers de pieds. Ce mouvement a pu se faire soit verticalement, soit horizontalement, soit obliquement par rapport à l'horizontale ou la verticale. Le mouvement d'un côté de la rupture a généralement pour effet de courber la tranche des lits en contact, fig. 95 *a*. Quelquefois la rupture s'élargit et l'espace se remplit des fragments des lits rompus, fig. 95 *c*. Ces failles en général, ne se produisent que très lentement : la courbure régulière des lits, au point de rupture en est une preuve évidente.

DÉNUDATION.—Les lits, une fois pliés ne sont pas restés entiers, l'eau et les divers agents atmosphériques en ont fait disparaître à la longue une partie.



Fig. 96.

A ce phénomène on a donné le nom de *dénudation*. Cette dénudation rend quelquefois l'étude d'une for-



Fig. 97.

Fig. 96.—Dénudation.
Fig. 97.—Plissements entiers.

mation géologique assez difficile, et peut donner lieu à de graves erreurs. Ainsi la figure 96 nous donne une suite de lits, sans aucune apparence de plissements, tandis qu'il est fort possible que cette série soit le résultat de plissements analogues à ceux de la figure 97, dont la partie supérieure aurait été enlevée. La



Fig. 98.

figure 98, qui représente une coupe faite à Lévis depuis le fleuve en L jusqu'à un mille ou deux du rivage, en allant vers le sud S, est un excellent exemple de plissements profondément affectés par l'érosion.

STRATIFICATION CONCORDANTE ET DISCORDANTE.— Quand plusieurs lits sont parallèles, on les dit être en



Fig. 99.

stratification concordante. Mais si un certain nombre

Fig. 98.—Section à Lévis montrant la valeur de la dénudation *a* anticlinales, *b* synclinales, (Logan).

Fig. 99.—Stratification discordante.

de lits, après avoir été pliés puis modifiés par l'action érosive des pluies et de l'atmosphère, se trouvent plongés sous l'eau, d'autres dépôts se feront à leur surface, lesquelles ne seront évidemment pas parallèles aux lits primitifs. On les dira être avec ceux-ci en *stratification discordante.* Dans la figure 99 les lits *a a* sont en stratification discordante avec les lits *b.* Il est évident que ceux-ci sont plus anciens que ceux-là.

MESURE DE L'INCLINAISON DES LITS.—Il est souvent nécessaire de mesurer l'inclinaison des lits. On appelle inclinaison des lits, l'angle qu'ils font avec l'horizon. Dans cette mesure, on s'occupe non seulement de la valeur de l'inclinaison, mais encore de sa direction. Ainsi on dira, une inclinaison de



Fig. 100.

25° vers le sud. En versant un peu d'eau sur la surface inclinée d'un lit on reconnait très bien la direction de l'inclinaison maximum. La ligne horizontale perpendiculaire à celle d'inclinaison est appe-

---

Fig. 100.—Recherche de l'inclinaison maximum des lits.

lée *strike* par les auteurs anglais, nous l'appelleront *ligne de saillie* ou *d'affleurement.* Dans la figure 100 *in* est



Fig. 101.

la ligne d'inclinaison, et *is* est la ligne d'affleurement. Quand la tranche seule des lits est exposée, il serait



Fig. 102.

imprudent de prendre l'inclinaison apparente des feuillets de cette tranche comme étant l'inclinaison

---

Fig. 101.—Variation de l'inclinaison apparente des lits causée par differentes sections non parallèles.

Fig. 102 —Clinomètres.

réelle des couches ; cette inclinaison apparente pouvant varier avec la direction de la section. C'est ce qu'il est facile de voir dans la figure 101, où un même ensemble de lits donne des sections à tranches inégalement inclinées.

Cette inclinaison se mesure à l'aide des clinomètres. Nous en donnons ici deux espèces qui se comprennent à simple vue, fig. 102. On détermine la direction de l'inclinaison ou de la ligne de saillie, à l'aide d'une boussole ordinaire. Lorsqu'on étudie la stratigraphie d'une contrée en particulier, on ne saurait trop multiplier les déterminations des inclinaisons et des lignes de saillie ; car c'est uniquement avec ces données qu'on peut se faire une idée de la structure intérieure des formations géologiques dont on ne peut voir le plus souvent que la surface.

CHAPITRE QUATRIEME.

Détermination de l'age relatif des terrains.

Si les lits géologiques n'avaient subi aucun changement de position depuis leur formation, il serait facile de trouver leur âge relatif. Il suffirait de déterminer leur ordre de superposition, et le plus ancien serait toujours celui qui occuperait un étage inférieur dans la série. Mais cette condition ne se rencontre, pour ainsi dire, jamais. De plus, si l'on

veut déterminer quelles sont les couches qui se correspondent en différents pays, on se trouvent en présence d'autres difficultés bien plus graves encore. En premier lieu, chacun des lits géologiques ne recouvre pas tout le globe. Une couche en particulier pourra, par exemple, s'être formée en Canada et ne pas s'être formée aux Etats-Unis. Ajoutons que grâce aux oscillations irrégulières des continents, une certaine portion de leur surface s'est trouvée plongée sous les eaux et recouverte d'une série de dépôts reposant directement sur d'autres lits beaucoup plus anciens, sans que, plus tard, on rencontre entre ces deux formations, les lits intermédiaires qui se trouvent ailleurs. En Canada, pour ne citer qu'un exemple, les argiles *quaternaires* reposent sur les roches *siluriennes* et *laurentiennes*, sans qu'il y ait aucune trace des terrains intermédiaires.

Ajoutons encore que le même lit n'a pas toujours la même composition ni la même apparence, si on l'examine en deux endroits éloignés l'un de l'autre. Quelquefois cette différence date de l'origine même, quelquefois elle est le résultat d'un métamorphisme plus ou moins prononcé. De plus, les lits ne sont nulle part horizontaux, ils ont été pliés, cassés de diverses ma-



Fig. 103.

Fig. 103.—Répétition d'un lit par suite de failles multiples, (Dana).

nières, et ces déplacements des couches, joints à l'érosion, ont souvent eu pour effet de disposer quelques-unes d'entre elles dans un ordre qui est bien différent du véritable ordre chronologique. Une même couche sera ainsi répétée soit par suite de failles multiples, fig. 103, soit par des plissements serrés dont les sommets ont été enlevés par l'érosion, fig. 97. Ailleurs un terrain plus ancien sera apparemment superposé à un terrain plus récent, telle est, fig. 104, la superposition du *Groupe de Québec* Q, aux argilites de la *Rivière Hudson* H, sur les grèves de St-Pierre, I. O.



Fig. 104.

Enfin le sol arable, qui recouvre souvent de grandes surfaces des couches rocheuses, rend très difficile, pour ne pas dire impossible, l'étude de la position relative de celles-ci.

Voici toutefois les moyens que l'on emploie pour déterminer l'ordre chronologique des terrains, moyens qui éludent plus ou moins complètement ces difficultés.

1° En suivant une coupe de rivière ou de chemin de fer, il est quelquefois possible de déterminer direc-

---

Fig. 104.—Superposition apparente du groupe de Québec sur les schistes Utica.

tement l'ordre de superposition d'un bon nombre de lits géologiques.

2° On remarque aussi le caractère lithologique des terrains. Mais c'est là un moyen fort précaire, et qui ne peut avoir quelque valeur que dans deux localités très rapprochées. En effet un *même* lit peut, dans deux endroits éloignés, avoir une composition complètement différente.

3° Le moyen, pour ainsi dire, classique est l'étude des fossiles. Il est le seul qui soit décisif.

Fossiles, loi relative à leur distribution dans les différents terrains.—On appelle *fossiles* des restes d'animaux ou de plantes qu'on trouve dans le sein de la terre. Ce sont des reliques qui nous font connaître les espèces animales ou végétales qui existaient lorsque les lits où on les trouve se formaient. Evidemment, parmi tous les êtres de la création, ce sont les êtres marins dont les restes ont été plus parfaitement conservés, parce qu'après la mort, ils sont demeurés ensevelis sous les eaux et préservés de l'action des agents atmosphériques. Chez les animaux terrestres, les os seuls ont échappé à la destruction.

Ces fossiles nous donnent un excellent moyen de déterminer l'âge d'un terrain, parce qu'il est constant que, pour une même époque, les genres, souvent même les espèces, sont semblables. Ils sont différents pour des époques différentes.

Les fossiles des diverses époques sont maintenant assez bien connus. C'est grâce à eux qu'on a prouvé l'existence des terrains crétacés dans la partie est de

l'Amérique du Nord. De même on a reconnu en Angleterre, en Ecosse, dans les Indes, même en Australie, des terrains contemporains de nos terrains canadiens. Cependant cette méthode a encore ses chances d'erreur. Il est possible, par exemple, qu'un continent ait reçu ses espèces animales d'un autre continent, longtemps après leur apparition sur ce dernier. De plus les exterminations ont pu être beaucoup plus complètes en un endroit qu'en un autre, et par conséquent, quelques espèces animales ont pu exister plus longtemps dans certaines localités. Pour une même époque les fossiles doivent encore différer suivant qu'on a affaire à un dépôt d'eau douce ou d'eau salée, à une formation superficielle ou en eau profonde. Cependant, étudiés avec soin et circonspection, les fossiles constituent, dans leur ensemble, le meilleur mode de détermination qui soit à notre disposition.

———

LIVRE TROISIÈME.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

La Géologie dynamique, dit M. Dana, traite des *causes* des événements qui se sont passés durant l'histoire géologique de la terre. Elle s'occupe de l'origine des roches, des bouleversements que celles-ci ont subis, de l'origine des montagnes, etc. Pour mener à bonne fin ses recherches, elle étudie surtout les agents qui contribuent encore de nos jours, soit à former des lits géologiques, soit à les modifier; elle suppose que les mêmes causes ont agi durant les diverses périodes géologiques, et se voit ainsi en mesure d'en apprécier les effets.

On peut grouper les causes qui sont entrées en jeu dans la formation ou la modification des lits, sous cinq chefs principaux: 1° La vie. 2° L'atmosphère. 3° L'eau. 4° La chaleur. 5° Les oscillations de la croûte terrestre.

CHAPITRE PREMIER.

La vie.

La vie a contribué et contribue encore pour une bonne part à la formation de plusieurs lits géologiques. Parmi ceux-ci nous citerons presque tous les calcaires, les lits de houille, plusieurs lits siliceux, la tourbe, etc. Nous commencerons par étudier l'origine de cette dernière.

Origine des lits de tourbe.—La tourbe est une accumulation de matières végétales à demi décomposées, dans les marais ou les terrains humides. A nos latitudes, les tourbes ne se composent guère que de *sphaignes*, classe de mousses qui peuvent végéter indéfiniment ; car à mesure que la partie inférieure meurt et se décompose, la partie supérieure s'accroit sans cesse. Les débris des végétaux qui poussent dans les environs, les carcasses d'animaux morts, se mêlent à ces sphaignes et sont englobés dans le lit tourbeux.

Ces matières organiques subissent comme un commencement de distillation, qui en fait une matière brune, spongieuse, assez friable. La matière végétale y perd beaucoup de gaz ; toutefois elle garde jusqu'à 25 p. 100 d'oxygène. Dans certains cas, la tourbe ressemble tout à fait à la houille. Les tourbières étaient préalablement des lacs qui se sont remplis peu à peu et changés en marais. En effet, on trouve presque toujours sous la tourbe un lit de marne coquillière blanche.

Nous avons de vastes tourbières au Canada ; nous en avons parlé en minéralogie.

La quantité de tourbe dans le seul Etat de Massachusets, est évaluée par M. J.-D. Dana à 15,000,000,000 de pieds cubes.

On a trouvé, dans une tourbière d'Irlande, un corps humain parfaitement conservé, qui était recouvert de 11 pieds de tourbe. La tourbe jouit donc de remarquables propriétés antiseptiques. Ceci est peut-être dû à la présence de l'acide ulmique ou d'une espèce de bitume, qui se produit toujours quand une matière organique se décompose en présence d'un excès d'eau.

Lits d'organismes microscopiques.—Presque toujours les eaux douces ou salées renferment une foule d'être vivants microscopiques. Quelques-uns secrètent une carapace calcaire, d'autres une carapace siliceuse. Parmi les organismes calcaires, se placent les *Rhyzopodes* et les *Coccolites ;* les premiers sont des animaux, les seconds, des plantes. Parmi les organismes siliceux se rangent les *Diatomées*, plantes et les *Polycistines*, animalcules. Ces deux dernières classes d'êtres constituent à peu près exclusivement les lits de *Tripoli* et de *terre d'infusoires.* Le silex est souvent composé de diatomées ou de spicules tubuleuses d'éponges. Les rhizopodes constituent les lits de craie, et, de nos jours, il y a, entre Terreneuve et l'Irlande, une surface appelée plateau télégraphique, qui est recouverte d'un lit de rhizopodes, dont l'épaisseur augmente tous les jours. C'est une véritable couche de craie en voie de formation.

Coraux.—Les coraux ne prennent un grand développement que dans les mers tropicales et surtout dans les parties qui ne sont pas sillonnées par des courants froids. Ils vivent depuis une profondeur qui ne dépasse pas 100 pieds jusqu'au niveau de la marée basse.

Ces coraux, n'étant souvent que des branches calcaires plus ou moins ramifiées, ne sauraient former à eux seuls des lits compacts. Mais sous l'action des vagues, ces rameaux pierreux se brisent, se réduisent en fragments qui viennent se loger dans les interstices des coraux non brisés. Là s'accumulent encore les coquillages de toute espèce, qui s'agglomèrent ensemble par l'action chimique de l'eau, et à la longue, forment un banc calcaire. Il sera pur, s'il est composé uniquement de débris de coraux ou de coquilles ; il sera impur, si des sables et des argiles sont en même temps charriés par l'eau et ajoutés aux débris calcaires.—Ce lit ne pourra pas s'élever plus haut que le niveau de la marée basse, car les coraux ne sauraient vivre exposés hors de l'eau aux rayons d'un soleil tropical. Donc jamais les lits de coraux ne dépasseront l'épaisseur maximum de 100 pieds, à moins que le fond sur lequel ils reposent ne s'enfonce lentement. Si, dans ce dernier cas, la vitesse d'enfoncement égale celle de la formation du lit de corail, ce dernier pourra augmenter indéfiniment, tout en restant à la même hauteur par rapport à la surface de l'océan qui l'entoure.

Dans les périodes géologiques anciennes, on trouve des lits de coraux qui ont des milliers de milles de surperficie et plusieurs centaines de pieds d'épais-

seur. Il faut donc admettre qu'ils se sont formés dans des mers relativement chaudes et à eau limpide (les coraux ne vivant pas dans l'eau boueuse), peu profondes et dont le fond s'enfonçait graduellement sous les eaux.

De nos jours, les coraux prennent un grand développement dans le Pacifique. Ils y entourent un grand nombre d'îles sous forme d'une ceinture de récifs, placée à une certaine distance du rivage, fig. 105. Le mouvement d'enfoncement qu'on attribue, non sans raison, aux terres de cette partie du monde, fait peu à peu disparaître l'île elle-même, et il ne reste plus qu'une couronne de récifs enveloppant une lagune intérieure, fig. 106. Ces îles ont reçu le nom d'*atolls*.



Fig. 105.



Fig. 106.

Les lits de calcaires ont donc une double origine: les organismes microscopiques et les coraux. Quelques-uns ont une origine chimique, comme le Travertin; nous les étudierons plus loin en parlant de l'action chimique de l'eau.

Fig. 105 et 106.—Iles à coraux et atolls.

CHAPITRE DEUXIEME.

L'atmosphère.

L'action de l'atmosphère relativement à la formation des lits et à leur modification est double : *chimique* et *mécanique*. La première se manifeste surtout par la décomposition des roches exposées à l'air. Quelquefois on peut expliquer chimiquement ces décompositions, mais le plus souvent l'action désagrégeante de l'air reste un mystère. Il semble que les gaz qui agissent surtout pour provoquer ces décompositions soient l'acide carbonique et la vapeur d'eau. On sait, par exemple, que sous cette influence, plusieurs feldspaths se décomposent, les eaux enlèvent le silicate alcalin et le silicate d'alumine reste sous forme d'argile. L'oxygène agit aussi comme oxydant, particulièrement sur les bitumes et les carbures d'hydrogène en général.

La plupart des roches cèdent à l'action chimique de l'air ; elles changent de couleur, de tenacité. En anglais, on désignent ces changements par l'expression de *weathering*, qui n'a pas, que nous sachions, son équivalent en français.

L'action mécanique de l'air est peut-être plus importante. Les vents transportent beaucoup de sable, et lorsque, dans un pays sablonneux, ils soufflent longtemps dans la même direction, les roches sont polies par le frottement des particules siliceuses. Au Cap Cod, les vitres des fenêtres sont quelquefois

percées par le choc des grains de sable, ce qui montre l'action assez énergique de ces particules sableuses.

Dunes.—Les *dunes* sont des collines de sable, qui se déplacent constamment sous l'impulsion du vent. Elles se forment de préférence sur les rivages à sable siliceux, et là où les vents de mer soufflent pendant longtemps. Sous l'influence de ces courants d'air, les sables s'accumulent en collines qui peu à peu s'avancent, comme des bancs de neige, vers l'intérieur des terres et finissent par envahir de vastes espaces. Les rivages de la Gascogne, en France, sont recouverts par des dunes qui, pendant longtemps, ont menacé sérieusement toute cette partie du pays. On est parvenu à les fixer à l'aide de semis et de plantations de pins. Sur les côtes du Rhode-Island, du New-Jersey, les mêmes dunes existent. En Canada, les dunes proprement dites sont très rares ; cependant dans les champs sablonneux de Lanoraie et de Tadoussac, on peut voir, durant un été très sec, de petits monticules de sables, ressemblant à nos bancs de neige, et qui sont des commencements de dunes.

Mais le meilleur exemple se voit sur la rive nord-est du lac St-Jean ; les dunes y atteignent une centaine de pieds de hauteur, et leur structure caractéristique est parfaite.

CHAPITRE TROISIÈME.

L'eau.

L'eau exerce son action de diverses manières. Elle peut agir à l'état liquide ou à l'état solide, elle peut encore être étudiée comme agent chimique ou comme agent mécanique, et cette double action peut être considérée dans les eaux superficielles et dans les eaux souterraines. Dans les pages qui suivent, nous verrons successivement l'action de l'eau à l'état liquide, et celle de la glace. Relativement à la première nous étudierons l'action chimique et mécanique de l'eau douce et de l'eau salée.

ARTICLE I.

Action chimique de l'eau.

L'action chimique de l'eau consiste surtout à dissoudre certaines roches comme les calcaires, pour aller les déposer ailleurs. L'eau ne peut dissoudre le calcaire qu'à la condition d'être chargée d'acide carbonique ; au contact de cette eau et des lits calcaires, il se forme un bicarbonate de chaux soluble. Cet acide carbonique, l'eau le trouve dans l'atmosphère elle-même et surtout dans l'humus du sol. L'action dissolvante de l'eau se fait sentir avec une assez grande énergie. Quelques géologues ont cru pouvoir lui attribuer la formation des cavernes,

fig. 107 qui se voient dans différents pays. En effet ces cavernes se trouvent généralement dans les terrains calcaires.



Fig. 107.

Les courants souterrains produisent aussi des effets d'érosions, creusent des vides qui peuvent quelquefois provoquer des effrondrements ou le glissement des couches les unes sur les autres. Les exemples de ces phénomènes ne manquent pas.

L'action chimique de l'eau chaude est beaucoup plus marquée. L'eau surchauffée dissout une foule de substances qu'elle ne dissout pas aux températures ordinaires, la silice, entre autres. En outre, elle peut se décomposer, céder ses éléments aux corps avec lesquels elle vient en contact, et agir ainsi comme substance minéralisatrice. La porosité plus ou moins grande des roches, jointe à la pression, permet à l'eau des océans d'atteindre une grande profondeur, et par conséquent, il est tout probable que cette eau est souvent surchauffée. Nous ver-

Fig. 107.—Caverne creusée par l'eau dans une formation calcaire.

rons plus tard, à propos des volcans et du métamorphisme quelques effets de cette eau sur les lits géologiques.

L'action chimique de l'eau des océans se complique de la présence des sels qu'elle tient en dissolution. C'est elle en particulier qui, étant surchauffée, devient capable d'effets chimiques très puissants.

Article II.

Action mécanique de l'eau.

Erosion.—De la surface de l'océan et du sol s'élève constamment de la vapeur d'eau qui va se condenser dans les hautes régions atmosphériques. Cette eau retombe en gouttelettes de pluie ; la réunion de ces gouttes constituent d'abord de petits ruisseaux dont l'ensemble forme les rivières et finalement les fleuves. Le volume d'eau rejeté dans la mer par un fleuve n'est en général que le quart de celle qui tombe sous forme de pluie ou de neige sur la surface drainée par le fleuve. Le reste, ou bien est évaporé immédiatement là où il tombe, ou bien sert à la nutrition des plantes. Une très petite portion disparait encore en se combinant avec les roches.

L'*érosion* ou *dénudation* se produit partout où l'eau est en mouvement. La goutte de pluie laisse sa trace sur le sable qui la reçoit, fig. 108, le ruisselet y trace un petit sillon, le ruisseau creuse un peu plus avant ; le torrent, qui roule sur les pentes abruptes, use les roches, brise les arbres qu'il ren-

contre et entraîne leurs débris avec lui ; enfin les rivières, surtout à l'époque des inondations, attaquent leurs berges et élargissent peu à peu les vallées dans lesquelles elles coulent. Cela est vrai en particulier des rivières qui coulent dans des plaines d'alluvions. La figure 109 nous montre une rivière, augmentant successivement les dimensions de ses méandres. Le chenal est d'abord droit. Une différence de dureté dans une portion du rivage fait que l'eau y creuse une petite cavité qui dirige le courant obliquement sur la berge opposée. Celle-ci se creuse à son tour et peu à peu les méandres deviennent de plus en plus marqués, jusqu'à ce que deux d'entre eux (*a* et *b*) s'unissant l'un à l'autre, la courbe *c* se trouve en dehors du courant. Telle est l'origine des lagunes en forme de croissants *l* qui existent le long de certaines rivières. Ces lagunes s'observent très bien dans la partie supérieure du cours de l'Etchemin, à Standon, à St-Raymond et ailleurs.

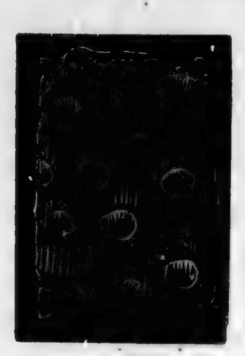


Fig. 108.



Fig. 109.

Lorsqu'une rivière coule sur un sol pierreux, elle y creuse un lit plus étroit, mais tout aussi capricieux et qui atteint quel-

Fig. 108.—Traces des gouttes de pluie.
Fig. 109.—Transformation et déplacement du lit d'une rivière.

quefois une grande profondeur. De cette manière se forment les *canons* du Colorado et de quelques autres territoires des Etats-Unis. Les murs de ces gorges, taillés à pic, ont souvent plus de 3000 pieds de hauteur. Si, sur son parcours, la rivière rencontre un lit qui cède plus difficilement que les autres à l'érosion, il se formera là une chute. Telle est la cause de la chute Montmorency, fig. 110 C, du Sault-à-la-Puce, de la chute Ste-Anne, toutes produites par le contact immédiat des lits mous et friables de *Utica* H avec les lits granitiques du *laurentien*. De même, à la chute Niagara, le lit supérieur, qui est calcaire, est plus dur que le lit inférieur et disparaît moins vite sous l'action érosive de l'eau.



Fig. 110.

Un autre effet de cette action érosive est de changer la forme des montagnes et surtout de diminuer leur hauteur. On remarque en effet que plus les montagnes sont anciennes, plus elles sont basses, plus elles sont arrondies, polies pour ainsi dire, par l'action des eaux atmosphériques.

Dans les montagnes dont l'existence remonte aux premières époques géologiques, on ne voit jamais ces pics abrupts qui s'élancent d'un seul jet à plusieurs milliers de pieds de hauteur. La ligne des

---

Fig. 110.—Section à la chute Montmorency.

sommets est plus douce, moins brisée. Telle est l'apparence générale des Laurentides, les aînées de toutes les montagnes du globe. Dans les chaînes plus récentes, comme les Montagnes Rocheuses, les Andes, les Alpes, les Pyrénées, les contours sont beaucoup plus irréguliers, les sommets plus aigus. Ce ne sont plus des *dômes*, des *ballons*, mais bien de véritables *aiguilles*, sur les flancs desquelles les neiges et les glaciers exerceront leur action érosive jusqu'à ce qu'ils les aient sculptées et arrondies comme les montagnes les plus anciennes.

Effet des plissements et de la dureté relative des lits sur les phénomènes d'érosion.—Il est évident que la disposition des lits géologiques, leur

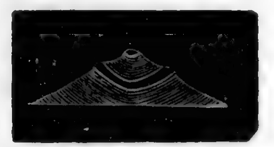


Fig. 111.

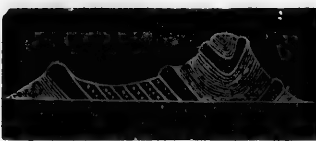


Fig. 112.



Fig. 113.

dureté plus ou moins grande doit avoir une influence sur les effets d'érosion. Un lit mou, profondément altéré par l'atmosphère, disparaîtra plus vite qu'un

---

Fig. 111, 112 et 113.—Effet des plissements sur les phénomènes de dénudation (Lesley).

lit plus dur. Les figures 111, 112, 113, empruntées à Lesley, font voir les effets de ces deux causes sur les phénomènes d'érosion. Les lits sans hachure sont supposés être plus durs que les autres. On remarquera que les synclinales résistent mieux que les anticlinales. Cela est dû à la dureté plus grande qu'elles acquièrent par suite de la compression à



Fig 114.

laquelle elles se trouvent soumises. Les anticlinales au contraire, se fendillent, deviennent plus friables par l'opération du plissement. C'est ce que montre d'une manière plus évidente encore la figure 114.

Transport par les eaux.—Les substances minérales enlevées par érosion sont transportées par les eaux. Les unes sont distribuées dans les plaines d'alluvion que sillonnent les rivières, d'autres se rendent jusqu'à la mer. La force de transport d'un courant augmente très vite. Un courant de trois pouces par seconde peut transporter de l'argile, un courant de six pouces, du sable fin, un courant de



Fig. 114.—Dénudation des anticlinales, persistance des synclinales.

huit pouces, du gros sable, un courant de douze pouces, des pierres de la grosseur d'un œuf de poule. Le pouvoir de transport augmente donc beaucoup plus rapidement que la vitesse: un courant double d'un autre a une force 64 fois plus grande. Suivant donc que, dans une rivière, le courant varie d'intensité, le fond se couvre de gravier, de sable ou d'argile.

Durant ce transport les pierres qui voyagent, en frottant les unes sur les autres ou sur le fond, s'usent, s'arrondissent. Elles tournoient avec les remous du courant et creusent dans le roc des trous arrondis, très réguliers, qu'on désigne sous le nom de *marmites des géants.*

La quantité des matériaux transportés varie d'un fleuve à l'autre. Annuellement le Mississippi charrie assez de substances terreuses pour faire un solide d'un mille carré de surface et de 241 pieds de hauteur.

Alluvions.—Une partie de ces matériaux se dépose dans les plaines, le long des rivières, et forme ce qu'on appelle des alluvions. Celles-ci sont composées de sables et d'argiles stratifiés ; elles sont souvent riches en débris organiques.

Deltas.—Les deltas sont de vastes surfaces d'alluvion placées à l'embouchure des fleuves, qui charrient beaucoup de matières solides. Le fleuve gagne la mer à travers cette plaine, en se partageant en une foule de branches. La forme des deltas est généralement celle d'un triangle dont le sommet est dirigé du côté de la terre. C'est de cette forme qu'est venu

le nom de *delta*, par allusion à la forme de la quatrième lettre de l'alphabet grec. Le delta du Nil, fig. 115, est un exemple, pour ainsi dire, classique de cette forme triangulaire.



Fig. 115.

La surface des deltas varie. Celui du Nil a 100 milles de longueur et 200 milles de largeur: celui du Gange a 220 milles de long et 200 milles de large: celui du Mississipi a une surface de 13,200 milles carrés. Dans ce dernier, fig. 116, on voit très bien comment chacune des branches du fleuve s'avance sans cesse dans la mer en se créant à mesure de nouveaux rivages, par le transport constant des alluvions. Les deltas, en effet, ne sont que le résultat de l'accumulation à l'embouchure des fleuves, des détritus de toute espèce, que l'eau entraînait et qui



Fig. 116.

Fig. 115.—Delta du Nil.
Fig. 116.—Delta du Mississipi.

tombent sur le fond de la mer là où le courant fluvial cesse d'exister.

Barres.—Si les rivières ou les fleuves se déchargent dans une mer où il y a marée, assez souvent le courant de marée empêche les deltas de se former. Ces rivières se terminent par des embouchures très larges, apelées *estuaires*, dans lesquelles la marée montant à une grande hauteur, cause un courant très puissant. Dans la baie de Fundy, le flot de marée atteint une hauteur de 90 pieds. Le courant cesse là où le flot rencontre les eaux profondes de l'océan, et c'est là que se déposent les matières charriées par les rivières. Elles y forment des espèces de levées en forme de croissant, qu'on appelle



Fig. 117.

barres, fig. 117. Ces barres existent à l'embouchure de plusieurs rivières de la Gaspésie. On leur donne là le nom de *barachois* (barre-à-choir).

Eau de l'océan.—L'action mécanique des vagues

Fig. 117.—Estuaire avec barre.

est très puissante. On peut l'assimuler à celle d'une chute qui aurait même hauteur que les vagues. Aussi, sous leur choc répété, les rochers sont-ils brisés, réduits en poussière, surtout là où la mer est très agitée. On a remarqué que le niveau de la plus grande érosion est sensiblement mitoyen entre la haute et la basse mer.

L'effet de cette érosion sur les côtes est de les régulariser. Peu à peu les caps tendent à disparaître et les rivages ne sont plus qu'une suite de baies arrondies et peu profondes. Voilà ce qui explique, jusqu'à un certain point, pourquoi la forme des rivages est si différents dans les pays méridionaux et dans les pays septentrionaux. Chez ces derniers la glace qui les a recouverts pendant longtemps, durant les dernières périodes géologiques, tout en creusant des baies très profondes et irrégulières (*fjords*) a empêché l'action des vagues de s'exercer sur leurs rivages. Au sud, au contraire, l'absence du glacier continental a permis aux vagues de modifier plus complètement la forme des côtes. Cette différence est très marquée lorsqu'on compare les côtes de Terreneuve ou du Labrador avec celle de Cuba ou de la Colombie.

Les débris ainsi formés par l'action des vagues sont transportés ensuite par les courants, soit sur les rivages, soit au fond de l'océan, où ils peuvent à la longue former des lits d'une grande épaisseur.

Courants océaniques.—La disposition générale et la direction de ces courants sont profondément modifiées par la situation relative des continents. Cepen-

dant le système de circulation est le même dans les mers des deux hémisphères. La figure 118 représente théoriquement la circulation dans chaque hémisphère ; E O est l'équateur, E l'est et O l'ouest. Deux ellipses immenses sont décrites par les courants équatoriaux et leurs dérivés. A l'équateur ces courants vont de l'est à l'ouest, ils vont de l'ouest à l'est dans les latitudes plus élevées. Une partie du courant équatorial est encore dérivée vers les pôles et constitue un véritable extra-courant. Elle en revient avec les eaux des mers polaires sous forme d'un courant froid qui longe de préférence les côtes orientales des continents. Ce système général de circulation océanique se déplace dans son ensemble, de quelques degrés, vers le sud ou vers le nord, avec le changement des saisons. Lorsqu'un courant froid rencontre un courant chaud, il continue sa marche mais en gagnant les profondeurs de l'océan, le courant chaud étant plus léger reste à la surface.

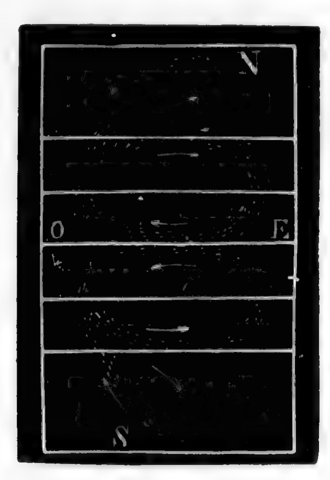


Fig. 118.

La carte des courants de l'Atlantique, fig. 119, servira d'application aux lois générales qui viennent d'être énoncées. E est le courant équatorial. Il se partage sur les côtes du Brésil en deux parties. L'une

---

Fig. 118.—Tracé théorique des courants marins (Dana).

se dirige vers le sud en longeant les côtes de l'Amérique du Sud. L'autre, la plus inportante pour nous, entre dans le Golfe du Mexique, en suit les contours et vient en sortir par l'ouverture ménagée

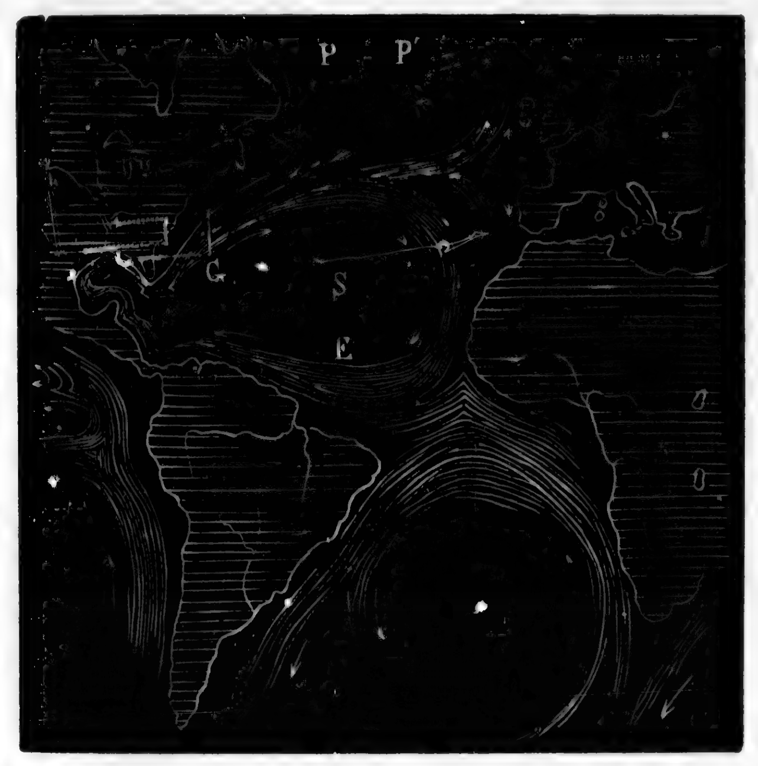


Fig. 119.

entre les îles Bahamas et la Floride. A partir de ce moment, ce courant est connu sous le nom de *Courant du Golfe* (*Gulf stream*). Après avoir traversé l'océan obliquement, il se partage en deux sur les côtes

---

Fig. 119.—Courants de l'Atlantique.

de l'Europe: une partie se dirige vers le sud pour se joindre au courant E et compléter l'ellipse équatorial; le reste longe les côtes d'Irlande et d'Ecosse et pénètre dans les mers polaires pour en revenir sous forme de courants polaires P, P'. Un de ces derniers, P, côtoie le Groënland, puis le Labrador, pénètre en en partie dans le Golfe St-Laurent et rencontre le Courant du Golfe à la hauteur des bancs de Terreneuve.

Ces courants auxquels nous supposons sur la carte des limites bien définies, ne sont pas en réalité aussi faciles à déterminer. A part le courant du Golfe dont les rivages liquides sont parfaitement reconnaissables, grâce à une différence marquée dans la couleur et la température de l'eau, les autres, surtout les courants polaires, ont des limites très vagues.

Le centre S de l'ellipse équatoriale est occupé par la *Mer des sargasses*, qui doit son nom à la quantité énorme de plantes marines qui végètent en paix à la surface de ses eaux tranquilles.

On reconnait dans l'Atlantique-sud une circulation analogue à celle de l'Atlantique-nord. Cependant le peu d'observations qui ont été faites dans ces parages ne permet pas de déterminer, avec autant d'exactitude, la direction des courants.

Dans le Pacifique, le *Kuro-Siwo*, qui part du Japon pour aller frapper les côtes occidentales de l'Amérique du Nord, est tout à fait analogue au Courant du Golfe.

Article III.

Action de la glace.

Gelée.—On sait que l'eau augmente de volume au moment où elle gèle. Cette dilatation se fait avec une force extraordinaire. On conçoit donc que l'eau qui pénètre dans les fentes des roches, l'automne, soit, en gelant, une cause très puissante de désagrégation. Assez souvent cette force brisante de l'eau détache du flanc des montagnes des quartiers de rocher très considérables. Ces pierres ne tombent qu'au printemps, lorsque le dégel fait fondre la lame de glace qui les soudait aux autres roches de la montagne. Les talus que l'on voit au bas des falaises abruptes n'ont pas d'autre origine.

Certaines pierres poreuses sont pénétrées par l'eau. L'action brisante de la gelée les pulvérise littéralement, et lorsqu'un courant d'eau passe sur elles, elles tombent en poudre et s'en vont avec lui. Le même effet de la gelée se fait encore sentir sur les terres un peu dures, qui, d'elles-mêmes, seraient capables de résister à l'action érosive des pluies. La gelée les broie et elles sont ensuite transportées, par les eaux superficielles, dans les rivières et finalement dans l'océan.

Glaciers.—Les glaciers sont de véritables fleuves de glace qui coulent sur le flanc des montagnes à neige éternelle. Sur les sommets de ces montagnes la neige s'accumule sans cesse et comme elle ne peut fondre à cette hauteur, la masse de neige augmente-

rait indéfiniment, s'il n'y avait pas une cause tendant à lui faire atteindre un niveau inférieur où elle peut entrer en fusion. Cette cause existe : c'est le poids de la glace joint à sa plasticité ; c'est elle qui donne naissance aux glaciers, à l'aide desquels la neige des sommets glisse et vient fondre dans les régions inférieures.

Origine et cause des glaciers.—Nous venons d'indiquer cette origine. La neige des sommets les plus élevés, entassée souvent sur une épaisseur de plusieurs centaines de pieds, se change à sa partie inférieure en une neige compacte, plastique, appelée *névée.* Cette névée est le commencement du glacier. Par une série de fusions et de régélations successives, elle se changera bientôt en une glace compacte et transparente. Quant à la cause qui produit cette névée, c'est à peu près uniquement le poids des couches supérieures de neige. La marche des glaciers tend donc à dépouiller les sommets de leur enveloppe neigeuse, mais les nuages en apportent constamment de nouvelles quantités qui alimentent indéfiniment le glacier. Dans les contrées où il y a peu d'humidité, les glaciers seront donc très peu développés. Dans les Montagnes Rocheuses, il ne manque pas de pics élevés qui n'ont pas de glaciers, uniquement parceque l'air qui les entoure est trop sec.

Marche.—Le courant du fleuve de glace peut s'assimiler complètement aux courants des fleuves ordinaires, sauf au point de vue de la rapidité ; il est beaucoup plus lent. La vitesse d'écoulement varie

d'un glacier à l'autre, elle varie aussi avec la pente du lit et avec les diverses saisons de l'année ; c'est durant l'été qu'elle est la plus considérable. Elle ne dépasse pas en moyenne de 10 à 18 pouces par jour, c'est-à-dire, un mille en 18 ou 20 ans.

Comme dans les rivières, la vitesse est plus grande au centre que sur les rivages, à la surface qu'au fond. C'est ce que MM. Agassiz, Forbes et Tyndall ont constaté directement par l'expérience. Si le glacier suit des méandres, la ligne de plus rapide déplacement est, comme dans les cours d'eau, plus sinueuse que le lit du glacier lui-même, fig. 120.



Fig. 120.

Crevasses.—La vitesse plus grande des parties centrales cause une traction sur la glace des rivages qui est retardée dans sa marche par le frottement sur les rochers ; cette traction peut être suffisante pour fendre la glace des bords. Ces fentes ou crevasses se font toujours perpendiculairement à la force qui les produit, et par conséquent, obliquement par rapport aux rivages du glacier, fig. 121. Ces crevasses, une fois produites, se redressent peu à peu, en même temps que d'autres se forment, et après un certain temps, la surface du fleuve solide est sillonnée en tous sens d'un vé-



Fig. 121.

Fig. 120.—Direction du plus fort courant d'un glacier.

Fig. 121.—Crevasses latérales d'un glacier au moment où elles se produisent.

ritable réseau de crevasses qui rendent très difficile la marche sur un glacier. Les crevasses dont nous venons de parler sont dites *latérales.* Si, sur le fond du glacier, il y a une irrégularité assez notable pour affecter toute la masse de la glace, cette protubérance causera elle aussi des crevasses qui seront parallèles à son arête principale. Telle est l'origine des crevasses *longitudinales* et *transversales.* Enfin à l'extrémité inférieure du fleuve solide, le poids de la glace qui arrive sans cesse comprime les masses les plus basses, les écrasent, pour ainsi dire, et alors se forment ces crevasses *terminales* qui sillonnent en rayonnant toute la partie extrême du glacier.

Les glaciers ne s'arrêtent pas à la limite des neiges éternelles. Ils descendent souvent de 3000 à 4000 pieds plus bas. La *Mer de glace* se rend tout près du village de Chaumonix, et elle a sa source dans les gorges du Mont Blanc. Sous la glace coule toujours un torrent qui apparait à l'extrémité inférieure. Il est l'effet en grande partie, de la fusion de la glace. Les eaux en sont rarement limpides. Elles sont le plus souvent blanchâtres, grâce aux substances terreuses qu'elles transportent, substances qui proviennent des roches charriées et broyées par la glace.

Erosion et transport par les glaciers.—Ces masses de glace ont sur les roches sur lesquelles elles passent une action érosive très puissante. Elles les usent, adoucissent et polissent leur surface ; et si elles renferment elles-mêmes des fragments de rocher qu'elles entrainent avec elles, les roches du fond sont non seulement polies, mais couvertes de rainures ou de

stries, ces rainures indiquant le sens de la marche du glacier. Souvent les lits rocheux sur lesquels le flot de glace a coulé, sont arrondis en une suite de dômes qui, vus de loin, rappellent, jusqu'à un certain point, des dos de moutons, et qu'on nomme pour cela *roches moutonnées*. On trouve ces rainures et ces roches moutonnées là où il n'y a plus l'ombre de glacier. Il y a dans le canton de Ware, le plus bel échantillon de roches moutonnées qu'on puisse voir. L'élévation de ces roches est d'à peu près 1500 pieds au-dessus du fleuve. La direction des rainures est nord et sud. Les roches striées sont des argilites rouges et noires appartenant au *silurien*. Ce fait prouve l'existence de glaciers dans cette partie du pays à une époque plus ou moins reculée.

La force érosive des glaciers est énorme, et c'est là sans contredit, dans les continents septentrionaux, une des causes qui a contribué autrefois le plus efficacement à modifier les reliefs terrestres.

Les glaciers ont quelquefois des dimensions colossales. Au Spitzberg, un des glaciers côtiers a 11 milles de large sur une épaisseur de 100 à 400 pieds en dehors de l'eau; le volume qui plonge dans l'eau est beaucoup plus considérable.

Moraines.—Les matériaux, arrachés par les glaciers à leurs rivages, s'accumulent sur les bords du courant et se disposent en un cordon plus ou moins volumineux, composé de roches, de terre, etc. C'est ce qu'on appelle une moraine *latérale*. Dans le cas du confluent de deux ou de plusieurs glaciers, les moraines latérales qui viennent en contact s'unis-

sent ensemble et forment une moraine *médiane*, fig. 122. Enfin tous ces débris, minéraux ou organiques, sont entassés pêle-mêle à l'extrémité du courant et le recouvrent en partie : c'est la moraine *frontale*. Quelques-unes des masses transportées par les glaciers ont des dimensions énormes. On cite de ces pierres dont le volume équivaut à celui d'un édifice de 100 pieds de long, de 50 de large et de 40 de haut. On peut voir très souvent des moraines là où maintenant il n'y a plus de glacier ; cependant les moraines bien caractérisées sont rares dans la Province de Québec.



Fig. 122.

Tout le sol arable que nous cultivons est très probablement le résultat de la trituration des roches par les glaces et les glaciers de la période géologique dite période *glaciaire*, alors qu'une immense couche de glace couvrait tout le Canada. La plupart des cailloux perdus des champs viennent des Laurentides et ont été transportés ça et là par les glaciers ou les banquises.

Banquises.—Quand un glacier atteint le rivage de l'océan sans se fondre, il se sépare au contact de l'eau en immenses blocs, qui flottent et se dispersent en diverses directions, ce sont les *banquises.* La fig. 123 montre comment le glacier, arrivé à l'océan, se casse en fragments plus ou moins volumineux, sous l'action de la poussée de l'eau. Les

Fig. 122.—Moraines médianes des glaciers.

banquises transportent avec elles des millions de pieds cubes de substances terreuses, restes des moraines qui recouvraient les glaciers. Ces montagnes de glace sont poussées par les courants océaniques et elles atteignent bientôt des latitudes inférieures. Là, elles fondent, laissant tomber sur le fond de l'océan les roches qu'elles transportaient. Le Grand Banc de Terre-Neuve est placé à peu près au confluent du Courant du Golfe et du courant froid polaire, qui longe les côtes du Labrador et transporte beaucoup de banquises. Ces dernières, rencontrant à la hauteur du Grand Banc, le Courant chaud du Golfe, se fondent, et on croit que c'est à cette cause qu'est due l'existence d'un bas-fond, d'un *banc*, à cet endroit.



Fig. 123.

Résumé.—D'après ce que nous venons de voir, nous pouvons, relativement aux terrains de sédiment, dire qu'ils sont formés des débris de roches préexistantes, sauf le calcaire. Ajoutons même que, si ce dernier a été en grande partie le résultat de l'accumulation de débris organiques, ces êtres vivants ont trouvé le calcaire de leurs carapaces dans les eaux de l'océan, lesquelles l'avait enlevé par dissolution aux roches des rivages.

Fig. 123.—Banquises se formant au pied d'un glacier par la poussée de l'eau.

Les causes qui ont amené cette destruction des roches anciennes, ont été les eaux, la glace, la gelée, les plantes, les décompositions et combinaisons chimiques. Ces débris, après avoir été remaniés par les eaux, ont formé différents lits, absolument analogues à ceux qui se déposent de nos jours.

CHAPITRE QUATRIEME.

La chaleur.

ARTICLE I.

Distribution de la chaleur à la surface de la terre.

La chaleur est un agent si puissant qu'un simple changement dans les climats peut amener des modifications géologiques très étendues. Voilà pourquoi nous disons un mot de la distribution actuelle de la chaleur à la surface de la terre.

Le refroidissement de l'atmosphère à la surface de notre globe, qui devrait se faire régulièrement de l'équateur aux pôles, est loin de présenter l'uniformité qu'on pourrait attendre. L'inégale distribution des masses continentales et les courants océaniques sont les principales causes qui détruisent cette régularité. Le Courant du Golfe, à lui seul, verse tous

les ans dans les mers arctiques autant de chaleur qu'une surface de 1,560,000 milles carrées, placée à l'équateur, en reçoit annuellement du soleil. Cette quantité de chaleur, changée en travail, produirait 77,479,650,000,000,000,000 pieds-livres par jour. C'est plus que ne peuvent faire tous les courants aériens qui soufflent de l'équateur vers les pôles. La chaleur transportée ainsi par ce courant, serait suffisante pour faire couler un fleuve de plomb fondu dont le débit égalerait celui du Mississipi. Les lignes isothermes sont donc très irrégulières, surtout dans l'hémisphère nord, où elles s'infléchissent vers le pôle en approchant des côtes occidentales des continents, pour revenir vers le sud sur les côtes orientales.

VARIATION DANS LES CLIMATS.—Le soleil, en réchauffant plus ou moins les différentes parties du globe, est un des principaux facteurs de la température d'un pays. Les quatre saisons n'ont pas toutes la même longueur. Actuellement la moitié de l'année qui correspond à l'été pour l'hémisphère nord est de huit jours plus longue que l'autre. Mais, grâce à la précession des équinoxes, au déplacement du grand axe de l'orbite terrestre, cette différence de longueur, maintenant en faveur de l'été de l'hémisphère nord, se trouve transportée à l'hiver tous les 10,500 ans. Les variations d'excentricité de l'orbite terrestre causent aussi des variations dans la longueur des saisons. Il n'est donc pas impossible que, grâce à l'accumulation de ces effets, faibles en eux-mêmes, durant une longue suite de siècles, il se soit

rencontré dans l'histoire géologique du globe, certaines circonstances astronomiques, qui aient amené une distribution de la température à la surface du globe bien différente de celle qui existe aujourd'hui.

Les changements qui pourraient arriver dans la distribution relative des continents et des mers, auraient encore une influence considérable sur les climats des différents pays. Si l'on supposait, par exemple, que le plateau qui réunit l'Islande à l'Angleterre, et qui est à une faible profondeur sous les eaux, s'élevât d'une manière sensible, ce mouvement aurait pour effet d'arrêter le Courant du Golfe dans sa marche vers les mers polaires. Celles-ci ne recevant plus de chaleur du dehors, deviendraient de plus en plus froides. La quantité de glace augmenterait à leur surface, la barrière de banquises, qui limite la mer libre au nord, se déplacerait vers le sud, et il n'est pas impossible que le climat de toute l'Europe septentrionale fût notablement refroidi.

Or, si un mouvement aussi faible que celui-là est capable de produire de tels effets, que serait-ce donc si quelques masses continentales disparaissaient à l'équateur pour émerger au pôle nord? Supposons, par exemple, un instant que le Brésil, le nord de l'Afrique, les Monts Himalaya, disparaissent sous l'océan et que des surfaces équivalentes surgissent au pôle. Immédiatement ces continents polaires, constamment couverts de neige et de glaciers, refroidissent l'air qui les recouvre. Les vents du nord deviennent glacés; les banquises qui s'échappent des glaciers couvrent l'océan; toute la masse de l'atmosphère est refroidie; le ciel des

tropiques habituellement limpide est chargé de nuages, résultat nécessaire du refroidissement général et le soleil ne peut plus éclairer et réchauffer de ses rayons les quelques îles placées sous l'équateur.

Dans ces conditions, le climat des régions équatoriales ressemblerait à celui de notre latitude, et le géologue d'alors s'étonnerait de trouver, parmi les débris transportés par les banquises, des restes d'animaux arrachés à nos contrées, indiquant une vie très développée là où il n'y aurait plus que d'immenses champs glacés.

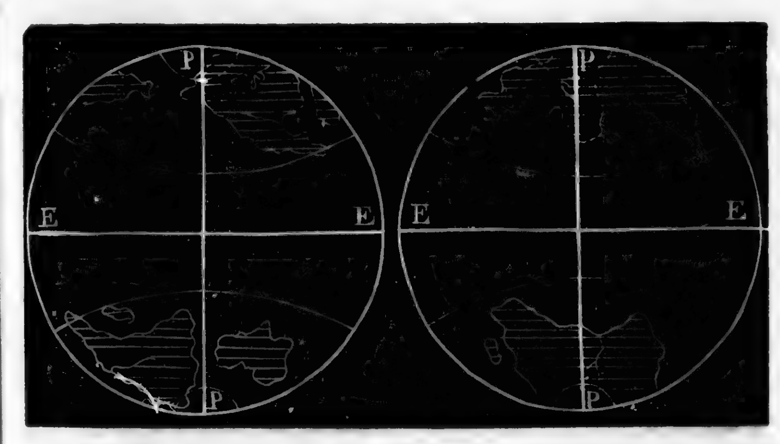


Fig. 124.

Enfin, si l'on transportait au pôle sud le reste des continents tropicaux, le climat de la terre serait tellement refroidi que Lyell doute qu'elle fût encore habitable.

Fig. 124.—Disposition des continents produisant le maximum de froid à la surface de la terre (Lyell).

Les changements se feraient en sens inverses, si les oscillations de la surface terrestre avaient pour effet de faire surgir des continents à l'équateur et de placer aux pôles des mers libres d'une grande étendue.

De tout cela nous concluons qu'il est facile de se figurer que, dans le cours des époques géologiques, les oscillations superficielles aient fort bien pu déterminer des périodes froides ou chaudes, sans qu'il faille pour les expliquer, recourir à des causes extraordinaires.

La figure 124, que nous empruntons à Lyell, nous fait voir la disposition des continents qui amènerait

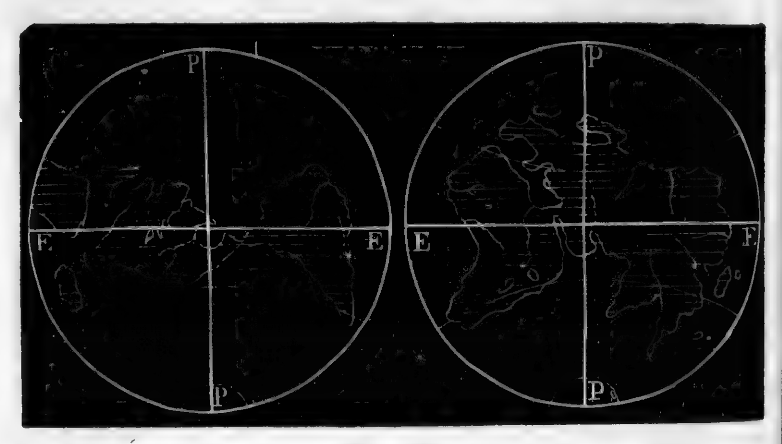


Fig. 125.

un maximum de froid, et la figure 125, celle qui causerait un maximum de chaleur.

Fig. 125.—Disposition des continents produisant le maximum de chaleur (Lyell).

Pour finir l'énumération des causes capables de produire des variations dans les climats terrestres, mentionnons les périodes de minimum et de maximum dans les taches du soleil, un changement possible dans l'état de la surface de cet astre ou une modification dans la composition de l'atmosphère terrestre. D'après les recherches des physiciens, la présence d'un excès, même relativement faible, de vapeur d'eau et d'acide carbonique dans l'air, aurait pour effet de modifier considérablement sa diathermanéité pour la chaleur obscure et par suite sa température.



Article II.

Chaleur interne du globe.

Son existence.—Quelle que soit la température à la surface du globe, il est certain qu'elle s'élève lorsqu'on s'enfonce vers le centre. L'existence d'une température très élevée dans les parties intérieures de la terre est prouvée par plusieurs faits incontestables.

En premier lieu notre planète est aplatie aux pôles, précisément comme l'aurait été un globe primitivement fondu, ayant même densité que notre terre et tournant autour de l'axe des pôles avec la même vitesse.

Les puits artésiens donnent une eau d'autant plus chaude qu'ils jaillissent de couches plus profondes. Dans les mines, on constate encore une élévation de température proportionnelle à la profondeur. On

croit qu'en moyenne la température s'élève de 1°C. par 100 pieds. Cette proportion varie nécessairement avec la conductibilité des roches que l'on traverse.

Les couches les plus anciennes, celles qui ont été par conséquent enfouies à une grande profondeur grâce aux dépôts plus récents, sont toutes cristallisées, phénomène qui est encore une conséquence de la chaleur à laquelle elles ont été soumises.

Les sources thermales prouvent encore qu'il existe sous la croûte superficielle, des couches plus chaudes qui chauffent les eaux de ces profondeurs à de hautes températures, quelquefois au delà de 100°C.

Enfin les volcans sont sans contredit des preuves évidentes de l'existence de masses en ignition dans l'intérieur du globe.

Etat probable de l'intérieur du globe.—Dire si l'intérieur de notre globe est ou n'est pas liquide est un problème très compliqué, très difficile; la géologie, dit M. Le Conte, n'est pas encore en mesure de le résoudre d'une manière complète.

Deux théories sont ici en présence. L'une suppose l'intérieur liquide, l'autre le croit solide. Nous donnerons le pour et le contre de chacune de ces théories.

La première s'appuie surtout sur le fait de l'augmentation de la température avec la profondeur. Alors, en suivant cette progression croissante de 1°C. par 100 pieds, on trouve à 25 ou 30 milles une température capable de fondre toutes les substances connues. Il faut donc conclure que notre globe est une masse

de lave, enveloppée par une croûte mince, très mince, épaisse tout au plus d'une vingtaine de lieues. Les volcans, les tremblements de terre ne sont que les effets des commotions de cette masse ignée. L'écorce de notre globe s'agite sous la pression intérieure comme les parois d'une bouilloire frémissent sous la sous la pression interne de la vapeur ; elle cède et se brise, si la pression devient trop grande.

Voilà la première théorie, avec ses preuves et ses corollaires. La réfuter sera établir l'opinion d'un centre solide. Voici donc quelques-unes des objections qu'ont peut lui opposer.

Cette élévation de température de 1°C. par 100 pieds est loin d'être régulière ; d'ailleurs les forages les plus profonds ne dépassent pas quelques milles, or le rayon terrestre est d'à peu près 3,960 milles, comment donc affirmer que cette progression croissante de la chaleur ne varie aucunement de l'extérieur au centre ?

La terre est plus dense au centre qu'à la surface, or cette augmentation de densité a pour effet d'accroître la conductibilité et par suite de diminuer la rapidité d'élévation de température. Alors à mesure qu'on gagne l'intérieur, la température doit *s'élever* de moins en moins pour un même espace parcouru.

La température de fusion de la plupart des roches est élevée par la pression. On conçoit donc que les assises de l'intérieur, bien que chauffées à une haute température, puissent rester solides à cause de la pression qu'elles supportent.

Suivant la théorie du centre liquide, notre terre

serait en réalité un globe liquide. Or d'après les affirmations de M. Hopkins et de Sir W. Thomson, la terre se comporte, dans ses rapports avec les autres astres, comme un globe rigoureusement solide, *plus solide que du verre.* En 1876, Sir W. Thompson affirmait encore hautement les mêmes conclusions. Cependant leur exactitude est contest‹ ır un grand nombre d'astronomes et de mathématiciens très renommés.

Les volcans, qu'on amène comme preuve de l'existence d'un centre liquide, prouvent plutôt le contraire. En effet, s'ils communiquaient avec une même mer de feu, ils devraient être tous en activité en même temps. Les moins élevés devraient déborder quand les plus hauts lancent des laves par leurs cratères. Or, dans îles les Sandwich, une même montagne, fig. 126, renferme deux ·ans, élevées,



Fig. 126.

l'un de 4000 pieds, l'autre de 14,000, et qui sont parfaitement indépendants l'un de l'autre. Il arrive souvent que le Mauna-Loa, le plus élevé, lance des laves, pendant que le Kilaua, le plus bas, reste parfaitement tranquille. C'est précisément ce qu'on a constaté en novembre 1880.

Fig. 126.—Profil du Mauna-Loa L et du Kilaua K.

Dans la théorie du centre liquide, dit M. Le Conte, on ne pourrait expliquer les élévations continentales et les enfoncements des abîmes océaniques, qu'en supposant que la croûte terrestre se plie en voûtes gigantesques, fig. 127 *a*, ayant presque une demi



Fig. 127.

circonférence terrestre, et par conséquent, incapables de se soutenir un instant par elles mêmes ; ou en supposant que les reliefs extérieurs sont dus à des reliefs absolument symétriques existant à l'intérieur de la croûte solide, fig. 121 *b*, lesquels s'enfonçant davantage dans le liquide centrale, feraient, grâce à la poussée de ce dernier, émerger les masses continentales. Or ceci est bien difficile à admettre, pour ne pas dire impossible. Comment affirmer, en effet, que la croûte terrestre soit plus mince sous les océans, lorsque là, grâce à la présence de l'eau, le pouvoir conducteur des lits doit accélérer leur refroidissement, et par suite, la solidification se faire plus vite.

Fig. 127.—Section montrant la disposition de la croûte solide dans l'hypothèse du centre liquide.

Enfin, on pourrait ajouter qu'en supposant un globe primitivement liquide, les solides, formés d'abord à la surface et plus denses que le liquide sous-jacent, ont dû se rendre au centre et s'y accumuler, de sorte que la solidification a *commencé* en réalité *par le centre.*

De tout ceci nous concluons que notre globe est *très probablement* solide à l'exception d'une zône semi-fluide ou de lacs de laves, placés à la racine des volcans, ces derniers étant des phénomènes locaux et superficiels.

Article III.

Volcans.

Leur structure, les produits qu'ils rejettent. —Les volcans sont des montagnes dont le sommet est occupé par une immense ouverture en forme d'entonnoir, par laquelle s'échappent diverses matières gazeuses, liquides ou solides. L'activité des volcans est quelquefois continue, comme le Stromboli, mais le plus souvent il y a des périodes d'éruption, séparées par des époques de calme relatif. Cependant un volcan, même dans ces époques de calme, émet toujours des gaz et des vapeurs, tant qu'il n'est pas complètement éteint.

La dimension du cratère est quelquefois très grande. Le cratère du Mauna-Loa a 2½ milles de large, et celui du Kilaua 3 milles. Ce dernier est un immense lac de lave fondue, dont la surface est de plusieurs centaines de pieds plus basse que les bords du cratère.

La pente des cônes volcaniques varie suivant que le volcan rejette des matières fluides ou des matières solides. Comme la montagne est presque toujours le résultat des accumulations de ces débris, une lave fluide, coulant même sur une pente douce, ne peut produire qu'une montagne à flancs très peu inclinés, tel est le Kilaua fig. 126. Au contraire un cône de scorie ou de cendres sera beaucoup plus raide, *v. g.* le Cotopaxi.

L'origine des volcans peut-être déterminée par l'étude de leur structure. Quelquefois les couches de la montagne ont été comme redressées, fig. 128.

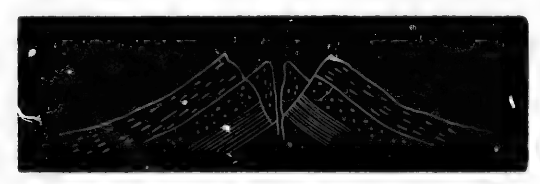


Fig. 128.

Mais le plus souvent toute la montagne volcanique est uniquement composée d'une suite de lits plus ou moins réguliers, résultat de l'accumulation des ma-

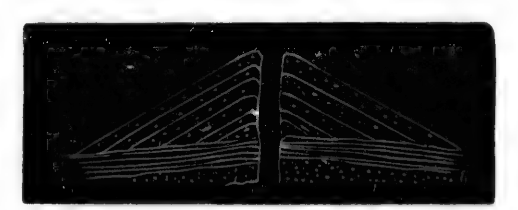


Fig. 129.

Fig. 128.—Cône de soulèvement.
Fig. 129.—Cône de scories.

tières liquides ou solides rejetées par les volcans, fig. 129. Ce sont des cônes de scories.

Quant aux éjections volcaniques, elles sont gazeuses, liquides et solides. Les gaz sont surtout de la vapeur d'eau en immense quantité, des gaz sulfureux, soit vapeur de soufre, soit acide sulfureux, de l'acide chlorhydrique, de l'acide carbonique, etc. La vapeur d'eau prédomine d'une manière très marquée. Il est à remarquer que ces gaz sont ceux là mêmes qui se formeraient par la réaction des eaux de la mer sur le calcaire impur chauffé à une haute température. La fumée et les flammes qu'on dit se produire durant les éruptions, ne sont que des reflets sur la vapeur d'eau et les cendres volcaniques en suspension dans l'atmosphère de la lave fondue qui remplit le cratère. Il n'y a pas en général de flammes proprement dites dans les éruptions volcaniques.

Les matières liquides sont surtout les *laves*, substances minérales fondues, qui s'échappent par les cratères volcaniques. Cette lave peut avoir deux états physiques différents. Elle peut être pâteuse, emprisonnant de nombeuses bulles de vapeur d'eau et autres gaz, ce qui la rend poreuse et cellulaire une fois qu'elle est refroidie. Telle est la lave du Vésuve. Elle est aussi quelquefois très fluide, absolument comme du verre fondu (Kilaua).

Considérée au point de vue de la composition chimique, la lave est essentiellement une pâte de Feldspath et d'Augite. Suivant que le premier ou le second de ces minéraux prédomine, la lave est acide ou basique. Les Trachytes, les Obsidiennes sont des

exemples de laves acides ; les Basaltes, les Dolérites, des exemples de laves basiques.

Outre ces matières liquides et gazeuses, les volcans rejettent encore beaucoup de corps solides. Cela se voit surtout dans les volcans à lave pâteuse, dont la lave ne sort que péniblement à la suite d'explosions qui ont pour effet de lancer en dehors du cratère des quartiers de roche, des fragments de matière à demi fondue, et surtout une poussière minérale assez ténue, arrachée aux parois de la cheminée volcanique et désignée généralement sous le nom de *cendre volcanique*. Pompéi a été ensevelie sous une couche épaisse de cette cendre, lors de l'éruption du Vésuve, en l'an 79 de notre ère. A la même éruption, Herculanum disparaissait sous une couche de lave. Cette éruption est encore restée célèbre parce qu'elle coûta la vie à Pline l'ancien, qui, s'étant approché trop près de la montagne, fut étouffé par les vapeurs sulfureuses qui s'échappaient à flot du cratère.

Souvent la vapeur d'eau qui sort du cratère en volume énorme pendant l'éruption, se condense et tombe en pluie torrentielle sur les flancs de la montagne. Cette pluie délaye les cendres volcaniques, et la bouillie grise qui en résulte forme en se desséchant, une pierre poreuse qu'on appelle *tuf volcanique*.

Les éruptions des volcans à lave pâteuse, comme le Vésuve, s'annoncent longtemps d'avance, et sont souvent accompagnées de tremblements de terre. Celles des volcans à lave liquide le sont rarement.

Ce sont des éruptions qu'on pourrait appeler *silencieuses*. Au Kilaua, il est arrivé plus d'une fois qu'on a été averti d'une éruption en voyant flamber les forêts du sommet de la montagne, incendiées par le passage du courant de lave. Dans les volcans très élevés, il est assez rare que la lave sorte par le sommet. Elle remplit peu à peu la cheminée volcanique. Une fois qu'elle a atteint un certain niveau, la pression hydrostatique exercée sur les parois de la cheminée est tellement forte que très souvent la montagne éclate, et le cratère se vide par une ouverture latérale. En 1852, un jet latéral se produisit ainsi sur le Kilaua. Il avait plus de mille pieds de large, et s'élevait à 200 ou 300 pieds de hauteur. Il dura trois jours. Ces ouvertures latérales constituent comme de petits volcans parasites sur les flancs de la montagne ; on les désigne sous le nom de *cônes adventifs*.

THÉORIE DES VOLCANS.—On ne peut rien affirmer d'absolument certain relativement à l'origine des volcans. Quelques géologues les regardent comme des évents par lesquels s'échappe le trop-plein du centre liquide de la terre. Malheureusement, les volcans ne sont pas tous en activité en même temps. Or ils devraient l'être s'ils communiquaient tous avec une même masse liquide. Il faut donc chercher ailleurs une explication plus satisfaisante.

Il est certain que l'eau joue un grand rôle dans les éruptions. Des masses énormes de vapeur d'eau sortent des cratères en activité ; ceux-ci sont tous placés dans le voisinage des océans ; les

laves sont souvent imprégnées de chlorure de sodium ; on a trouvé des débris de poissons dans les éruptions vaseuses de Java ; enfin les acides gazeux que les volcans exhalent semblent être le résultat de la décomposition des différents sels de la mer. Tous ces faits donnent à penser que l'eau pourrait bien être le facteur principal des phénomènes volcaniques.

On admet encore que la vapeur d'eau est la grande force qui fait monter la lave dans la cheminée volcanique. L'eau s'infiltrerait à travers les lits géologiques, atteindrait à la longue les laves qui se trouvent à la racine des volcans ; au contact de ces masses rouges de feu, elle se vaporiserait, et la tension, énorme de la vapeur entraînerait mécaniquement par l'orifice de sortie les substances fondues de l'intérieur. L'intermittence des éruptions serait causée par l'infiltration irrégulière de l'eau.

De plus, cette eau ainsi surchauffée produirait, soit par son action minéralisatrice, soit par dissolution, des combinaisons et des décompositions chimiques sur une vaste échelle. De là résulterait une nouvelle somme de chaleur, de nouveaux dégagements gazeux dont la tension s'ajouterait encore à celle de la vapeur d'eau. Plusieurs géologues vont jusqu'à admettre que cette double action physique et chimique de l'eau est suffisante pour expliquer tous les phénomènes volcaniques.

Dans cette dernière hypothèse les volcans s'éteindraient lorsque les affinités chimiques, éveillées par l'action de l'eau auraient été satisfaites. Par conséquent, les volcans actifs devraient se trouver dans

les terrains récents et les volcans éteints dans les formations anciennes. C'est aussi ce que l'observation constate.

En voilà assez pour faire comprendre que cette question de l'origine de l'action volcanique est bien loin d'être connue. On en est encore réduit à faire des hypothèses. Cependant il parait assez clair que la force éruptive des volcans est la tension des gaz intérieurs surtout celle de la vapeur d'eau. Quant à l'origine de la chaleur volcanique, elle peut être multiple. On peut y voir un reste de la chaleur primitive du globe emprisonnée dans les couches profondes, ou bien les effets de réactions chimiques spéciales. Ajoutons comme complément qu'elle peut encore résulter, en partie du moins, des actions mécaniques, causées par le refroidissement du globe et la contraction générale qui en résulte. On admet généralement que le centre du globe se contracte plus vite que l'extérieur, il en résulte dans la croûte terrestre une tension très forte qui se manifeste par des pressions horizontales presque irrésistibles. D'après M. Mallet, l'écrasement des roches sous l'effet de ces pressions, développerait assez de chaleur pour expliquer les éruptions volcaniques.

Eruptions ignées non volcaniques.—On doit rapporter aux laves volcaniques, ces masses, souvent considérables, rejetées sans éruption violente à travers les fissures du globe terrestre. Tels sont les dykes, et les nappes trappéennes ou basaltiques, qui se trouvent en différents endroits.

Article IV.

Phénomènes volcaniques secondaires.

Solfatares, fumerolles.—Dans le voisinages des volcans, et quelquefois là où il n'y a pas de volcans, le sol laisse échapper des jets de vapeur d'eau et de soufre, ainsi que quelques autres gaz. Ces endroits sont appelés *solfatares*. Le soufre se dépose en cristaux autour des ouvertures par où sort la vapeur et qu'on appelle *fumerolles*. L'alun, le plâtre se forment souvent dans les solfatares.

Sources thermales, geysers.—Les sources thermales se rencontrent fréquemment. Leur température est loin d'être toujours la même. Les plus remarquables sont les sources jallissantes appelées *Geysers*. Ces geysers ont des périodes de calme et d'éruption, se succèdant à des intervalles merveilleusement réguliers. On prenait autrefois comme type de ces sources jaillissantes le *Grand Geyser* d'Islande, mais les plus beaux geysers du monde se trouvent dans le *National Park*, vallée de la rivière Yellowstone, Wyoming.

Parmi ces geysers américains, les plus remarquables sont les suivants : le " Géant," qui lance une colonne d'eau de 6 pieds de diamètre à une hauteur de 200 pieds, l'éruption dure vingt minutes ; la " Ruche," dont le cratère a la forme d'une ruche d'abeille, qui lance une colonne d'eau de 3 pieds de diamètre à 219 pieds de hauteur ; la " Géante," colonne d'eau de 20

pieds de diamètre lancée à 60 pieds de hauteur. De cette masse liquide s'échappent cinq ou six jets qui montent à 250 pieds.

Théorie des geysers.—Les conduits des geysers sont des tubes assez étroits où la circulation de l'eau doit se faire difficilement, fig. 130. Il est donc possible que l'eau des parties inférieures soit plus chaude que celle qui avoisine la surface. La température des couches inférieures de l'eau augmente peu à peu, et elle atteint bientôt le point d'ébullition. Du moment que l'ébullition commence, l'eau placée à la surface, est jetée en dehors du cratère du geyser. La pression dans le tube du geyser devenant plus faible, l'ébullition est de plus en plus violente, bientôt toute la masse d'eau et de vapeur est projetée au dehors. Après cette éruption, tout rentre en repos ; le tube se remplit lentement des eaux d'infiltration ou à l'aide des sources souterraines, et, après un temps plus ou moins long, une autre éruption vide encore une fois le tube, et ainsi de suite.



Fig. 130.

Les eaux de ces geysers renferment souvent beaucoup de silice ou de carbonate de chaux en dissolution. Ces minéraux se déposent autour des ouvertures et forment des incrustations de la plus grande beauté.

Fig. 130.—Coupe d'un geyser (Leconte).



ARTICLE V.

Métamorphisme.

SA NATURE ET SES EFFETS.—Le mot *métamorphisme* veut dire changement. Appliqué aux lits géologiques, il désigne un durcissement très prononcé ou un changement dans la composition chimique. C'est ainsi qu'une ardoise argileuse sera changée en micaschiste ou en gneiss, un grès argileux en gneiss ou en granite, le calcaire amorphe en marbre, les grès ordinaires en quartzite. Assez souvent le métamorphisme d'une roche est accompagné d'un changement de couleur. Il y a aussi expulsion presque complète de l'eau, des bitumes, destruction des fossiles, etc. Quelquefois de nouveaux minéraux cristallisés prennent naissance durant le métamorphisme ; ainsi, un calcaire renfermant de l'argile, des sables, des phosphates et fluorures, donnera un marbre riche en Mica, Feldspath, Scapolite et Pyroxène. La plupart des pierres précieuses, Topaze, Saphir, Emeraude, sont des produits métamorphiques.

THÉORIE DU MÉTAMORPHISME.—Trois agents ont concouru à produire le métamorphisme la chaleur, l'eau et la pression. La chaleur a été nécessaire, car autrement on ne se rendrait pas compte des cristallisations qui caractérisent cet état non plus que du durcissement des lits et de leur déshydration. Cependant cette chaleur n'a pas été suffisante pour faire subir aux roches la fusion ignée. En effet, l'apparence des roches métamorphiques est bien différente

de celle des laves ou des autres roches plutoniques, comme nous l'avons vu plus haut.

Par l'examen des enclaves liquides que renferme le quartz de certains granites et gneiss, le P. Renard concluait, d'une manière extrêmement ingénieuse, que la température qui a produit le métamorphisme de ces roches n'a pas dépassé 400°C. Il est probable que, grâce à l'action simultanée de la chaleur et de l'eau, surtout de l'eau alcaline, la température du métamorphisme est restée bien inférieure à cette limite.

L'eau pure en effet, d'après les expérience de MM. Daubrée et Sénarmont, chauffée à 400°C, ramollit toutes les roches ordinaires et favorise singulièrement la production de divers minéraux, Mica, Quartz, Feldspath, Augite. L'eau alcaline donne les mêmes résultats à une température qui ne dépasse pas 150°C.

La pression a été nécessaire dans certains cas, *v. g.*, dans la métamorphisme du calcaire. Ce dernier en effet, chauffé à l'air libre, se change, non pas en marbre, mais en chaux. De même l'eau, à l'air libre, ne pourrait jamais dépasser 100°C, et serait incapable d'avoir l'action minéralisatrice qui lui est attribuée.

La chaleur nécessaire pour la production du métamorphisme a pu avoir plusieurs causes. En premier lieu, l'accumulation de 30,000 ou 40,000 pieds de sédiments a exposé les couches inférieures, encore pénétrées d'humidité à une température plus que suffisante pour produire le métamorphisme. Plus tard, grâce à divers plissements, l'érosion a emporté

les couches superficielles, et laissé à nu les couches inférieures métamorphisées.

On remarque encore que le métamorphisme est surtout prononcé dans les roches qui ont été beaucoup bouleversées par des plissements et des failles. Ces bouleversements, ayant eu pour effet d'exposer les lits aux températures élevées de l'intérieur du globe, en ont produit le métamorphisme. Il est de plus très probable que les écrasements qui ont nécessairement accompagné ces mouvements de la croûte terrestre, ont été suivis du dégagement de beaucoup de chaleur, se développant dans les lits eux-mêmes par la transformation de l'énergie mécanique.

Cette théorie explique pourquoi le métamorphisme a une relation constante avec l'épaisseur des formations; pourquoi les roches les plus anciennes, ayant été couvertes de dépôts très épais, sont toutes métamorphiques; pourquoi certains lits métamorphisés sont intercalés entre d'autres qui ne le sont pas, ces derniers étant moins affectés par les eaux surchauffées ; enfin pourquoi les plissements, les cassures de la croûte terrestre, sont toujours accompagnés de métamorphisme.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Contraction du globe terrestre.

Ses effets. — L'opinion générale des géologues veut que la Terre ait été primitivement un globe fondu qui s'est solidifié peu à peu. Or, ce globe une fois solidifié, l'extérieur s'est refroidi plus vite que l'intérieur, à cause du rayonnement. La croûte extérieure, relativement froide, repose ainsi sur des parties très chaudes, qui, grâce à leur refroidissement, diminuent de volume. Cette contraction produit nécessairement, dans l'enveloppe terrestre, des pressions latérales extrêmement fortes, qui modifient profondément la disposition originelle des roches qui la composent. Voici les principaux effets de cette contraction du globe terrestre : *soulèvements et affaissements, plissements, failles, joints, tremblements de terre, métamorphisme, formation de chaînes de montagnes, changements dans les climats par suite des soulèvements et affaissements*, etc. De tous ces effets, nous n'étudierons que les tremblements de terre et les phénomènes qui ont rapport à l'origine des chaînes de montagnes.

Article I.

Tremblements de terre.

Leur nature et leurs effets. — Les tremblements de terre sont des vibrations du sol, dont la cause est à l'intérieur du globe, et qui se font sentir sur de vastes étendues. On distingue parmi ces vibrations

les secousses simples, qui ne sont pas accompagnées de déplacements les secousses suivies de déplacements et les vibrations rapides qui causent le bruit.

Ces phénomènes sont sans contredit les plus effrayants que présente la nature, et, s'ils ne contribuent pas toujours à modifier considérablement les lits géologiques sur lesquels leur action se fait sentir, ils causent très souvent de véritables désastres, détruisant en un clin-d'œil des villes entières, ruinant de fond en comble des pays riches et prospères.

Parmi leurs effets géologiques,—les seuls que nous considérerons ici,—nous devons citer les soulèvements ou affaissements qui se produisent sur une grande étendue de pays. En 1822, toute la côte ouest de l'Amérique du Sud s'élevait de 2 à 7 pieds. En 1835, la même côte s'élevait de 2 à 10 pieds. En 1819, après un fort tremblement de terre, une surface de 2000 milles carrés, placée à l'embouchure de l'Indus, s'enfonçait sous les eaux. Après le grand tremblement de terre de la Calabre, en 1733, le sol fut en certains endroits criblé de crevasses ; il se produisit des gouffres de 200 à 300 pieds de profondeur ; de vastes fissures s'ouvrirent dont un des côtés s'enfonça plus ou moins ; c'était de véritables failles.

Causes des tremblements de terre.—Il serait imprudent d'attribuer ces terribles phénomènes à une seule cause. Il y a une relation évidente entre quelques tremblements de terre et les éruptions volcaniques, les éruptions des volcans à lave pâteuse surtout, sont toujours accompagnées de tremblements de terre ; cependant on peut dire, sans crainte de se

trömper, que plusieurs de ces phénomènes n'ont aucune relation avec les volcans. On a constaté, ces années dernières, qu'il y avait en moyenne 575 tremblements de terre par année. Or, si l'on remarque que plusieurs ont échappé aux observations, vu qu'ils se sont produits sous l'océan ou dans des pays sauvages, on peut dire que la terre vibre toujours dans quelque portion de sa surface.

On sait encore que, grâce à la contraction de l'intérieur, cette surface s'enfonce en un endroit pour s'élever ailleurs. Or ces mouvements devraient être continus. Mais si la croûte est capable de résister un certain temps à cette force, elle le fera, jusqu'à ce qu'elle cède tout à coup, en se brisant ou en se broyant sur une grande étendue à la fois. Si nous ajoutons encore que ces cassures peuvent se faire dans des lits ayant des milliers de pieds d'épaisseur, nous aurons là une cause capable d'expliquer les phénomènes des tremblements de terre. Il n'est pas impossible non plus que, deux couches voisines se refroidissant et se contractant inégalement glissent de temps en temps l'une sur l'autre, ou encore se rompent en plusieurs endroits, causant chaque fois des secousses du sol, c'est-à-dire, des tremblements de terre.

Article II.

Origine probable des différents types de chaînes de montagnes.

Origine des reliefs continentaux.—Par suite de la différence de composition des couches qui for-

ment la surface de la terre, celle-ci doit se refroidir et se contracter inégalement suivant diverses directions. De cette manière certains rayons terrestres deviendront plus courts que d'autres, la forme du globe sera légèrement altérée, et les eaux se réuniront dans ces dépressions superficielles. Telle est l'origine probable des continents, qui d'ailleurs, se sont tous dessinés dès le commencement, bien qu'il n'aient pas alors émergé complètement hors des eaux.

Cause générale des chaînes de montagnes.—Les chaînes de montagnes ont une autre origine. La cause générale qui les a formées est une pression latérale dans la croûte terrestre, pression résultant de la contraction de l'intérieur. Or cette tension étant universelle, la pression de la croûte sous-océanique devait s'exercer obliquement et en montant, sur les bords de la croûte continentale plus élevée, de manière à modifier, à plier, surtout les lits placés dans le voisinage des dépressions océaniques. Cette pression devait encore être, jusqu'à un certain point, en proportion avec la grandeur de la croûte sous-océanique voisine. On peut conclure de là que les chaînes de montagnes devront se trouver surtout sur les bords des océans et avoir des dimensions en rapport avec la grandeur de ceux-ci. C'est ce que l'on constate d'ailleurs par l'observation directe.

Relation entre l'épaisseur des sédiments et la formation des chaînes de montagnes.—Un fait remarquable qui se rapporte à l'origine des chaînes de montagnes est le suivant. Là où devait se former une de ces chaînes, un enfoncement lent s'est d'abord produit, de

manière à permettre l'accumulation d'une épaisseur très considérable de sédiments. Ces sédiments ont 40,000 ou 50,000 pieds dans les monts Appalaches. Les couches inférieures, se trouvant ramollies par la chaleur de plus en plus grande à laquelle elles étaient exposées, chaleur augmentée encore par la transformation de l'énergie mécanique en énergie calorifique, il est arrivé un moment, où, suivant la remarque du Dr T.-S. Hunt, les parties inférieures de cette gigantesque synclinale ont cédé sous l'influence de la pression latérale, et les sédiments supérieurs ainsi comprimés latéralement, ont été pliés, cassés de diverses manières et ont donné naissance à une chaîne de montagnes. Une chaîne de montagnes se formerait ainsi, sans que la partie de la croûte terrestre sur laquelle elle repose s'élevât dans son ensemble ; une pression latérale, en effet, quelque forte qu'elle soit, ne pourrait jamais soulever les parties inférieures d'une synclinale.

Modifications des reliefs des montagnes par l'érosion. —



Fig. 131.

Les plissements dus à la cause que nous venons

Fig. 131.—Modification des plissements montagneux par l'érosion (Le Conte).

d'étudier, ont nécessairement des formes, des di-



Fig. 132.

mensions fort variées. Mais la variété dans les reliefs d'une chaîne, a été encore augmentée par l'érosion qui a modifié considérablement la forme des plissements, attaquant les anticlinales plus friables que les synclinales, et laissant ces dernières faire saillie à la surface générale, fig. 131. Cette érosion a quelquefois causé à elle seule de véritables monta-



Fig 133.

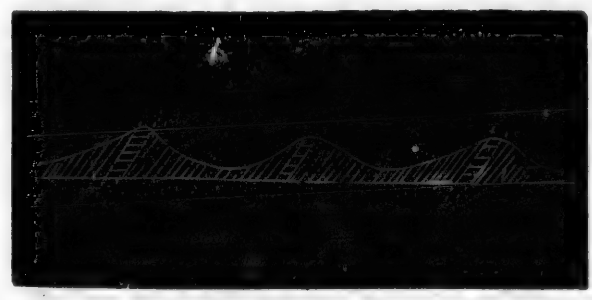


Fig. 134.

Fig. 132.—Création de montagnes par l'érosion seule.

Fig. 133, 134, 135.—Sections des principaux types des chaînes de montagnes.

gnes, *v. g.*, dans les endroits à lits horizontaux ou à peu près, fig. 132. Nous donnons ici quelques sections des principaux types de chaînes de montagnes. Il sera facile d'y voir le rôle joué par les ondulations des lits géologiques et l'érosion, fig. 133, 134 et 135.

Remarquons que nous ne supposons pas que les plissements aient été complètement finis lorsque

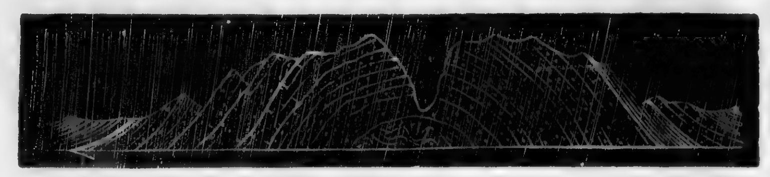


Fig. 135.

l'érosion a commencé à les détruire. Au contraire, du moment qu'un commencement de courbure a soulevé légèrement les lits géologiques, les agents amosphériques les ont attaqués immédiatement et l'érosion s'est continuée à mesure que les lits se pliaient de plus en plus.

Structure des chaînes de montagnes.—Pour terminer nous dirons qu'une chaîne de montagnes est en réalité, un immense plateau recouvert et limité par des ondulations plus ou moins prononcées. Ces ondulations ont généralement leurs arêtes orientées dans le même sens que la montagne. Quelquefois aussi des arêtes secondaires forment comme un réseau inextricable, où il est à peu près impossible de distinguer les grandes ondulations les unes des autres. Les Appalaches sont un bon exemple du premier type de chaînes de montagnes ; les Alpes et jusqu'à un certain point les Laurentides appartiennent au second.



La pente moyenne des montagnes est toujours très douce. Pour n'en citer qu'un seul exemple, la pente moyenne du versant orientale des Montagnes Rocheuses ne dépasse pas généralement 20 pieds par mille, ce qui correspond à un angle de 12 minutes. Cette pente se continue sur une longueur de 600 milles du côté de l'est et de 400 à 500 milles à l'ouest. Les Montagnes Rocheuses qui atteignent un hauteur de 14,000 pieds, ne sont donc pas, comme on se l'imagine quelquefois une barrière *étroite* qui sépare l'Amérique orientale de l'Amérique occidentale, mais plutôt un léger gonflement de la surface, à peine sensible si on le compare au reste du continent américain.

Oscillations actuelles de la croûte terrestre.—Les mouvements de soulèvement et d'affaissement, qui se sont produits autrefois, se continuent encore de nos jours, mais avec une très grande lenteur. On a constaté, par l'observation directe, que les rivages de la Suède et de la Finlande s'élèvent peu à peu audessus des eaux, avec une vitesse de 3 ou 4 pieds par siècle. A Pouzzoles, se voient encore les ruines d'un temple de Sérapis, bâti sur le bord de la Méditerranée. Ces ruines consistent principalement en un certain nombre de colonnes, debout sur leurs bases, mais privées de leur couronnement. Or il est certain que ce temple, depuis sa construction, a été enseveli en partie sous les eaux. En effet les colonnes ont été attaquées par des mollusques marins sur une longueur de plusieurs pieds. Un mouvement ascensionel s'est ensuite produit, qui a donné aux ruines la position qu'elles ont mainte-

tenant. Ce double mouvement a été tellement doux que les colonnes sont restées droites sur leurs bases et ont parfaitement gardé leur position d'équilibre.

Les côtes du Groënland s'abaissent. Les pécheurs moraves ont dû transporter leurs cabanes plus loin dans les terres ; des villages ont été complètem envahis et recouverts par les eaux. Le Dr. dans son exploration de la baie d'Hudson, a constaté que les rivages de cette mer intérieure s'élèvent lentement au-dessus des eaux. Déjà le P. Petitot, à qui nous devons tant d'observations intéressantes sur l'Amérique arctique, avait remarqué des preuves évidentes du mouvement général qui élève peu à peu la surface de toute cette partie de notre continent. D'un autre côté, l'existence de troncs d'arbres profondément ensevelis sous les alluvions, le long des rivages orientaux des Etats-Unis peut être regardée comme une preuve que cette partie du continent s'enfonce lentement sous les eaux.

Tous ces faits montrent que la terre est loin d'être un globe absolument rigide. Elle cède aux forces internes qui tendent à modifier sa surface; et rien de surprenant si l'on trouve qu'à différentes époques de leur formation, les continents n'avaient pas la forme qu'ils ont maintenant.

La lenteur de ces oscillatiens nous fait encore comprendre que les forces en jeu, tout en étant pour ainsi dire infinies en puissances, agissent avec une très grande lenteur. Les lits en général ont été pliés et non pas broyés, comme ils l'auraient été si ces forces eussent agi brusquement.

LIVRE QUATRIÈME.

GÉOLOGIE HISTORIQUE.

La Géologie historique trace l'histoire de la formation de la croûte terrestre. Elle nous fait connaître l'ordre chronologique des lits qui la composent, les changements qui ont eu lieu à diverses époques dans la forme des continents, des mers et dans les climats. Elle étudie aussi les différents êtres vivants qui se sont succédé à la surface de la terre. Toutefois cette dernière partie est particulièrement du ressort de la *Paléontologie.* Aussi en fait de fossiles, nous ne parlerons que des groupes généraux qui servent à caractériser un âge géologique, sans faire l'examen en détails de la faune et de la flore des différents âges.

L'histoire générale de la formation de toutes les couches géologiques se partage en un certain nombre d'époques, qui se distinguent les unes des autres par une discordance très marquée dans la stratification, et surtout par un changement profond dans les espèces vivantes. On dirait qu'à certaines époques, les animaux et végétaux ont été complètement détruits, pour être remplacés plus tard par des espèces tout à fait différentes. On ne connait pas la cause de ces changements ; on ne sait pas non plus s'ils

ont été aussi brusques, aussi complets, qu'on pourrait le croire à première vue. Toutefois, il est impossible de nier leur existence ; et ils constituent des divisions très naturelles dans l'ensemble de l'histoire géologique.

Ces divisions sont au nombre de quatre :

I. Epoque *éozoïque*, à laquelle on donne encore le nom d'*azoïque* ou *archéenne*.

II. Epoque *paléozoïque* ou *primaire*.

III. Epoque *mésozoïque* ou *secondaire*.

IV. Epoque *cénozoïque* ou *tertiaire*.

V. Epoque *psychozoïque* ou *quaternaire*.

Les êtres vivants de l'époque éozoïque sont on ne peut plus rudimentaires. Ce n'est le plus souvent, qu'une espèce de gelée organisée, vivant et se développant à la surface des rochers, sous les eaux. C'est l'*aurore* de la vie. Durant l'époque paléozoïque, la vie revêt des formes plus parfaites et plus complexes. On y voit des mollusques, des crustacés, même des insectes. Cependant toutes les espèces de cette époque ont des formes qu'on est tenté de regarder comme très anciennes, vu que ces espèces n'existent plus depuis longtemps. C'était l'époque de la *vie ancienne*. Avec l'époque mésozoïque les formes animales et végétales se rapprochent des nôtres. Ce n'est pas tout à fait le *facies* moderne, mais il y a progrès sur la vie paléozoïque. C'est une vie *mitoyenne* entre les antiquités paléozoïques et notre époque. Enfin les formes vivantes du cénozoïque sont à peu près les nôtres, surtout celles de la fin de l'époque. La vie se modernise, c'est vraiment l'époque de la vie *récente*.

L'époque *quaternaire* est l'âge de l'homme, qui a été créé après que le globe terrestre eût été complètement préparé par la Providence pour être la demeure du chef-d'œuvre de la création. Car c'est bien pour lui que tout a été fait. Cette merveilleuse évolution du globe terrestre devait avoir un but. Et quel aurait été ce but, si ce n'est d'assurer le bonheur de l'être qui occupe, pour ainsi dire, le faîte de toute la création matérielle, et qui, comme le dit très bien M. de Quatrefages, constitue à lui seul, dans une *seule* espèce, un *seul* genre, une *seule* famille, un règne tout entier, le *règne humain.*

Ces époques que nous venons d'énumérer se divisent et se subdivisent en une foule de groupes secondaires, parmi lesquels nous étudierons surtout ceux qui se trouvent dans notre province. C'est dire que nous donnerons une attention spéciale aux deux époques paléozoïque et quaternaire, qui comprennent tous les terrains de Québec.

Quant aux noms donnés aux différents étages géologiques, ce sont le plus souvent ceux des localités où ils sont le plus développés, ou dans lesquelles ils ont été plus particulièrement étudiés.

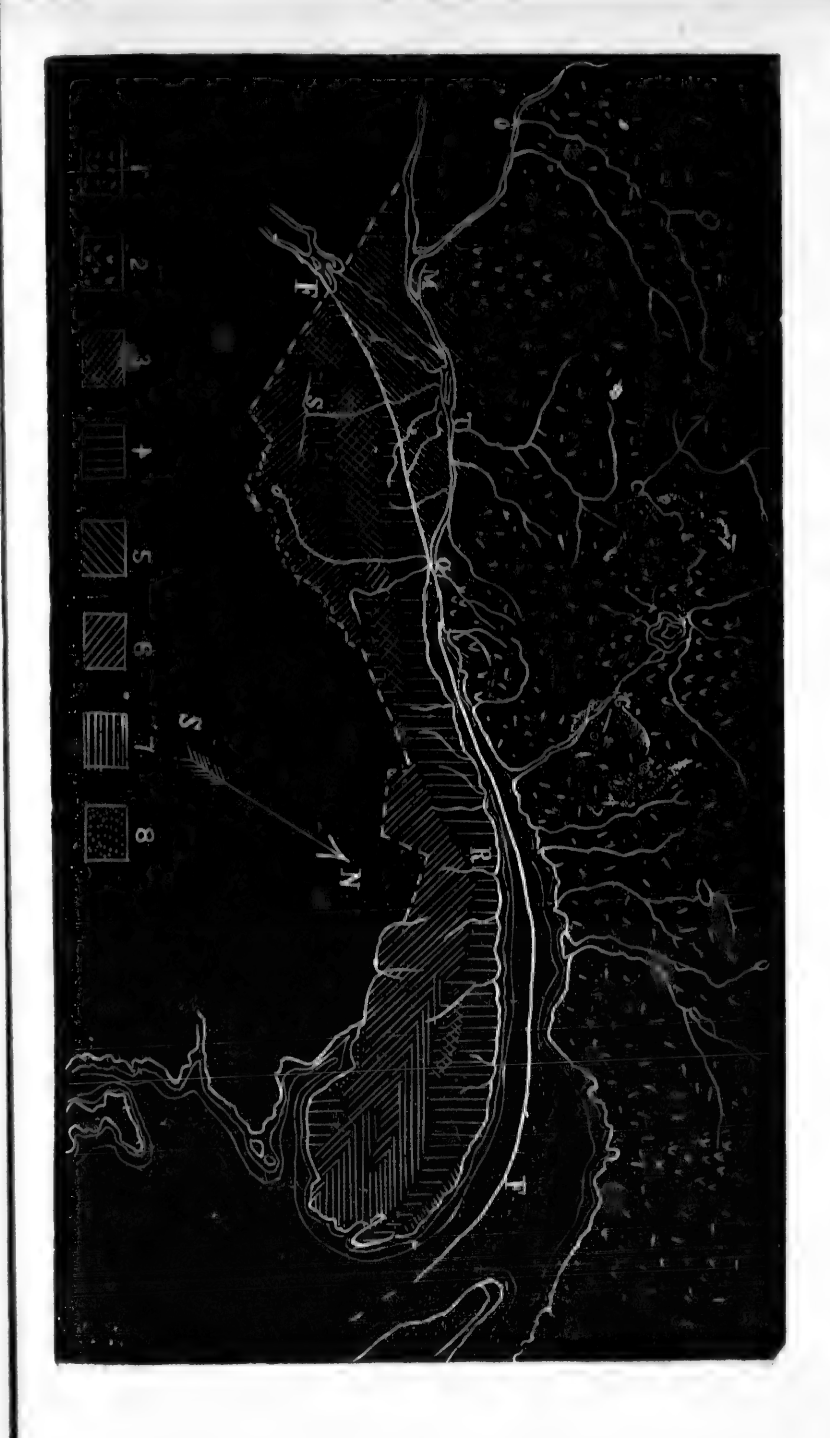
Le tableau suivant comprend les époques géologiques avec leurs principales divisions, les plus récentes occupant le haut du tableau.

TABLEAU

des différentes époques géologiques et de leurs principaux étages.

V. Epoque quaternaire ou époque de l'homme.		Terrasses. Champlain. Glaciaire.
IV. Epoque cénozoïque, tertiaire ou des mammifères.		Pliocène. Miocène. Eocène.
III. Epoque mésozoïque, secondaire ou des reptiles.		Crétacé. Jurassique. Triasique.
II. Epoque paléozoïque ou primaire	Carbonifère, *âge des plantes.*	Permien. Carbonifère. Sous-carbonifère.
	Dévonien, *âge des poissons.*	Supérieur. Inférieur.
	Silurien, *âge des mollusques.*	Silurien. Siluro-cambrien. Cambrien.
I. Epoque éozoïque, archéenne ou azoïque.	Huronien.	
	Laurentien,	Supérieur ou labradorien. Inférieur.

Carte géologique de la Province de Québec.—Cette carte n'indique que les principales divisions de formations géologiques de Québec.—1 Laurentien inférieur, 2 Laurentien supérieur, 3 Huronien ou précambrien, 4 Cambrien, 5 Siluro-cambrien, 6 Silurien, 7 Dévonien, 8 Carbonifère.—Q-Québec, M-Montréal, T-Trois-Rivières, S-Sherbrooke, O-Ottawa, C-Chicoutimi, R-Rimouski.—La ligne FF est la rupture qui sépare le bassin oriental du bassin occidental.



an
gn
qu
des
en
vis
tion
anc
réel
rent
mièr
nes
prin
d'un

Dr
riqu
sol,
tent
que
mêm
men
gales
derni
géolo
che c
côte

CHAPITRE PREMIER.

Epoque éozoique ou archéenne.

L'époque archéenne comprend les terrains les plus anciens que l'on connaisse, ceux qui constituent le *gneiss primitif* des géologues européens. C'est sur eux que reposent les couches siluriennes et toute la série des sédiments supérieurs. Aussi doivent-ils exister en tous les endroits du globe quoiqu'ils ne soient pas visibles partout, ayant été recouverts par les formations plus récentes. Bien que ces roches soient très anciennes, on les regarde cependant comme étant réellement sédimentaires, et par conséquent, différentes de la croûte qui s'est formée lors de la première solidification du globe. Les roches archéennes ont été constituées par les débris de cette croûte primitive, et à leur tour, elles ont fourni les matériaux d'une foule de dépôts sédimentaires postérieurs.

DISTRIBUTION DES FORMATIONS ÉOZOÏQUES—En Amérique, les roches éozoïques affleurent à la surface du sol, sur un grand espace placé dans la partie septentrionale du continent, fig. 136. Cette aire éozoïque est comme une longue bande recourbée sur elle-même et enveloppant la baie d'Hudson. Généralement on lui donne la forme d'un V, à branches inégales, entre lesquelles serait cette baie; mais les dernières recherches du Dr. Bell, de la Commission géologique canadienne, laissent croire que la branche ouest du V est recourbée et vient aboutir sur la côte occidentale de la baie d'Hudson.

On trouve encore cette formation exposée en différents endroits de l'Amérique, sous forme d'ilots englobés dans les formations plus récentes. Les monts Adirondacks, dans le New-York, forment

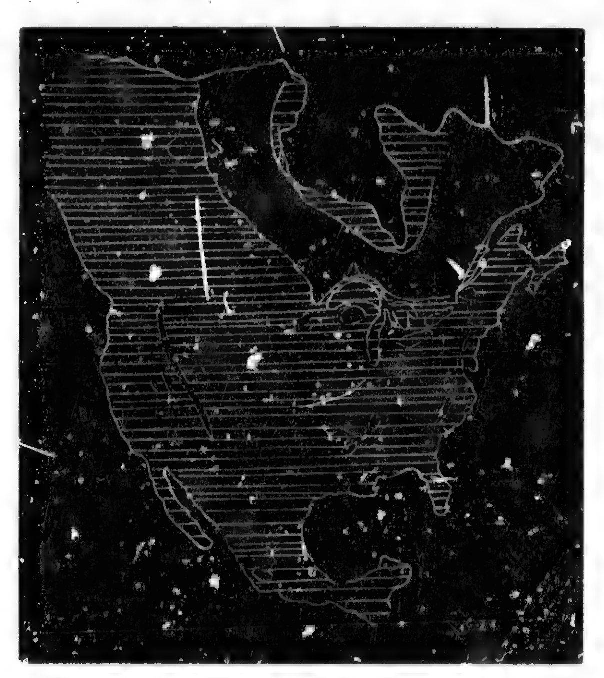


Fig. 136.

l'un de ces ilots, qui est relié aux formations éozoïques canadiennes par une langue étroite, traversant le St-Laurent à la hauteur des Mille-Isles. Les montagnes des Cantons de l'est appartiennent à la même époque. Les roches laurentiennes canadiennes couvrent tout l'espace occupé par la chaîne des Laurentides.

Fig. 136.—Amérique éozoïque.

En Europe les mêmes terrains se rencontrent en Ecosse et surtout dans la Scandinavie, dont ils constituent les montagnes à eux seuls. On les voit aussi en France et dans certaines parties de l'Allemagne, mais peu développés.

ETAGES ÉOZOÏQUES.—La Commission géologique du Canada, après avoir divisé les terrains éozoïques en deux étages, l'étage *laurentien* et l'étage *huronien*, a été conduite par l'étude plus complète de la stratigraphie du laurentien, à le subdiviser en deux formations : le laurentien *inférieur* et le laurentien *supérieur* ou *labradorien*. Ces étages se distinguent l'un de l'autre par les roches qui les composent, les débris organiques qu'on y trouve, et leur stratification discordante.

ROCHES DES TERRAINS ÉOZOÏQUES.—Le laurentien inférieur se compose de schistes cristallins, dont une forte partie sont des gneiss parfois granitoïdes ; il y a aussi des quartzites, des schistes amphiboliques ou micacés, des roches pyroxéniques et calcaires, métamorphiques. Ces dernières se trouvent groupées en trois grandes formations distinctes, de 1000 à 1500 pieds d'épaisseur chacune.

Le labradorien, qui repose en lambeaux discordants sur le laurentien inférieur, est caractérisé par une anorthosite, composée essentiellement d'un feldspath triclinique (souvent Labradorite) et de Pyroxène. Le labradorien se voit au Chateau-Richer, à St-Urbain, au Saguenay et au nord de Montréal.

Le huronien renferme surtout des quartzites, des schistes plus ou moins chloriteux, épidotiques, des

serpentines et des diorites. Ces lits contiennent quelque fois des galets laurentiens.

MÉTAMORPHISME, PLISSEMENTS DES LITS ÉOZOÏQUES. —Ces lits ne sont nulle part horizontaux. Au contraire on les trouve bouleversés de toutes les manières possibles. La figure 137 fait voir le contraste

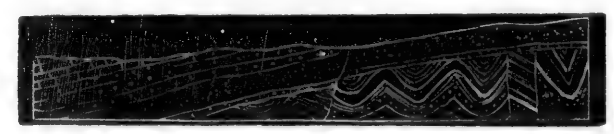


Fig. 137.

qu'il y a entre les terrains éozoïques et les terrains siluriens supérieurs dans la partie ouest de notre Province. La direction générale des plissements est à peu près nord et sud, mais des ondulations secondaires transversales ont été reconnues dans la région septentrionale de l'Ottawa, étudiée avec plus de soin que le reste.

Ces lits ont été traversés par plusieurs roches éruptives, syénites, porphyres quartzifères et dolérites. Dans le seul laurentien inférieur, on distingue quatre époques d'épanchement, dont la quatrième a coïncidé avec l'époque silurienne.

RESTES ORGANIQUES CARACTÉRISTIQUES.—" Les calcaires du laurentien inférieur du Canada, disaient les membres de la Commission géologique en 1867, renferment des restes organiques, se rapportant

Fig. 137.—Contraste entre les terrains laurentiens et siluriens (Logan).

principalement à un organisme étudié et décrit par le Dr Dawson, de Montréal, qui lui a donné le nom d'*Eozoon Canadense.*" C'est un rhizopode, ou foraminifère, de grande dimension, fig. 138, qui aurait recouvert les roches et sécrété une carapace calcaire, recouverte elle-même plus tard par une seconde expansion de sarcode, constituant un autre individu, sécrétant à son tour une seconde carapace calcaire, et ainsi de suite, de manière à constituer des amas très puissants. L'eozoon abonde dans la troisième formation calcaire du laurentien inférieur. Son squelette calcaire se trouve injecté de différents silicates, qui ont remplacé la sarcode, tout en conservant parfaitement la structure intime de la matière animale. Le même eozoon (sp. *bavaricum*) a été trouvé dans les calcaires laurentiens de la Bavière.

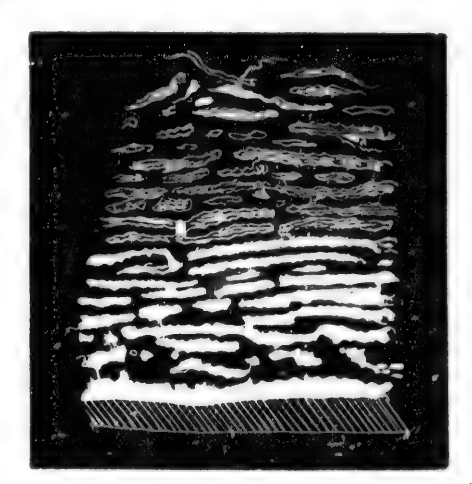


Fig. 138.

Quoique la nature animale de l'eozoon ait été un sujet de vive discussion parmi les géologues, et qu'elle reste encore douteuse pour quelques-uns surtout pour les géologues européens, l'autorité du Dr Carpenter, de Sir J.-W. Dawson et autres, est pour

Fig. 138.—*Eozoon Canadense.*

nous une garantie plus que suffisante, et nous regardons l'eozoon commé l'aîné de toutes les espèces animales.

Le Huronien renferme de plus, des espèces parfaitement caractérisées comme *Aspidella Terranovica* et *Arenicolites*, fig. 139.

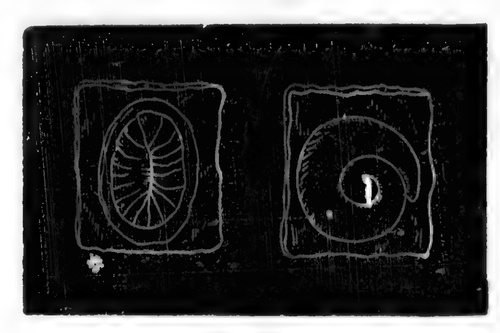


Fig. 139.

PRINCIPAUX MINÉRAUX UTILES DES TERRAINS ÉOZOÏQUES.—Nous citerons en premier lieu le fer oxydulé et le fer oligiste, qui se rencontrent en puissantes masses stratifiées dans le laurentien inférieur. Ces lits peuvent avoir 100 à 200 pieds d'épaisseur. Le Graphite est assez abondant, surtout dans les calcaires, où il entre quelquefois pour une proportion de 2 à 3 par cent. Ajoutons le Mica, exploité en certains endroits, l'Apatite, dont les gisements d'Ottawa sont si puissants et si riches.

Le laurentien supérieur renferme la plupart de ces minéraux, et en plus, des masses énormes de fer titané, quelquefois mélangé de Rutile, comme à St-Urbain.

Fig. 139.—*Arenicolites* et *Aspidella.*

Le terrain huronien comprend des roches dioritiques " qui abondent en minérais métalliques, parfois disséminés, mais le plus souvent répandus dans des filons, qui, dans une gangue de Quartz, renferment beaucoup de minérais de cuivre, et sont exploités avec grands bénéfices." On y a trouvé du nickel, du cobalt, des masses considérables de fer oligiste. Les terrains miniers des Cantons de l'Est appartiennent au Huronien, M. le Dr. Bell, qui étudiait naguère la formation huronienne sur les rivages de la baie d'Hudson, lui trouvait le même caractère métallifère. La partie supérieure de cette formation est souvent appelée pré-cambrienne.

CHAPITRE DEUXIEME.

Epoque paléozoique.

L'étude des terrains paléozoïques a pour nous un intérêt particulier, surtout celle des étages inférieurs, car à ces étages appartiennent la plupart des terrains de notre province.

Etage silurien.—Les terrains siluriens présentent entre eux une très grande différence suivant qu'on les étudie dans la partie orientale du Canada ou dans la partie occidentale. " Dès le début de la période silurienne, a commencé un grand mouvement de la croûte terrestre, ayant pour résultat une série d'ondulations, avec plusieurs ruptures et soulè-

vements." Ce mouvement a séparé la superficie paléozoïque du Canada et de l'Amérique du Nord en deux bassins. L'un oriental, comprenant les formations les plus anciennes, pliées, bouleversées et plus ou moins altérées, sur lesquelles reposent en stratification discordante, des étendues de couches appartenant au silurien supérieur, au dévonien et au sous-carbonifère ; l'autre occidental où, se trouvent les formations supérieures, siluriennes et dévoniennes, beaucoup moins tourmentées et peu altérées.

La province de Québec se trouve presque tout entière dans le bassin oriental. Cependant elle renferme quelques autres terrains, vu que la ligne qui sépare ces deux bassins (carte géologique) part du Lac Champlain, tombe sur le fleuve St-Laurent entre St-Nicolas et St-Antoine, passe au sud de la citadelle d'après M. Selwyn, longe le côté nord de l'Ile d'Orléans et se prolonge sous le fleuve jusque dans le golfe St-Laurent. Les terrains placés à l'ouest et au nord de cette ligne appartiennent au bassin occidental.

Divisions du Silurien.—La première division du Silurien est le *Cambrien;* il forme avec le *Siluro-Cambrien* qui lui est superposé ce qu'on désigne quelquefois sous le nom de *Silurien inférieur.*

Cambrien.—Peu développé dans la partie orientale de notre province. Se rencontre en ilots sur la rive sud du St-Laurent, depuis Québec jusqu'au Golfe. Les grès de Potsdam sont de cette époque. On les rencontre en assez grande étendue dans le bassin occidental.

SILURO-CAMBRIEN.—Les subdivisions du siluro-cambrien sont très importantes.

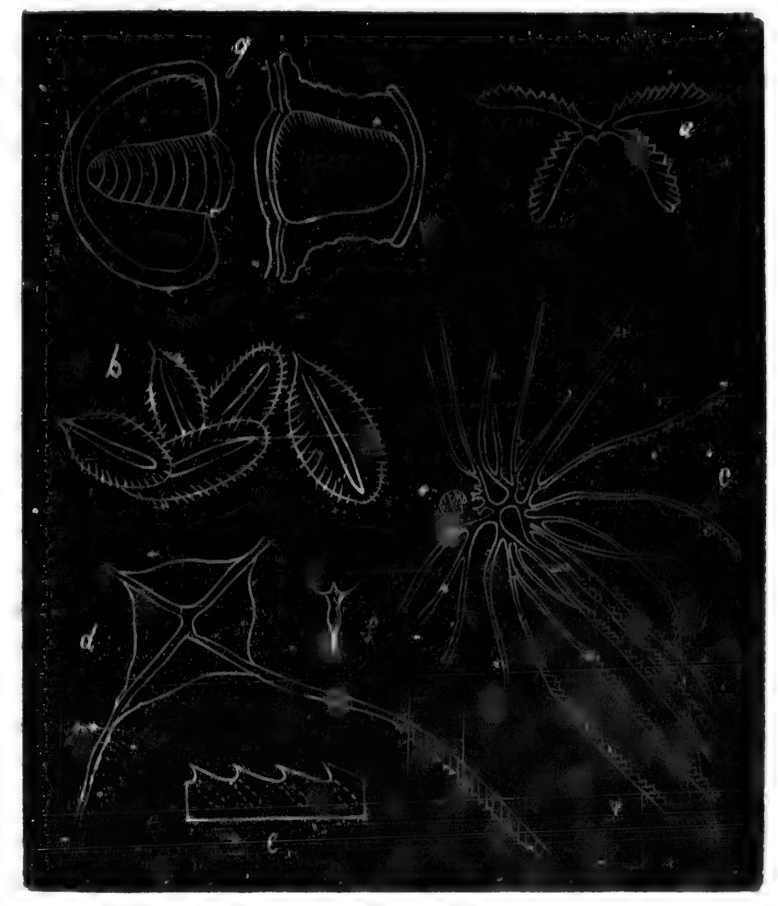


Fig. 140.

Fig. 140.—Fossiles du *Groupe de Québec*.—a, *Graptolithus bryonoides* ; b, *Phyllograptus typus* ; c, *Graptolithus Logani* ; d, *G. Headii* ; e, graptolite grossi ; f, larve de graptolite ; g, *Bathyurus Saffordi*.

La première est constituée par le *Groupe de Québec*, série de sédiments qui dépasse 10,000 pieds d'épaisseur. Il forme les monts Notre-Dame et les montagnes Vertes du Vermont.

Sir W. Logan le partageait en trois formations, *Lévis*, *Lauzon* et *Sillery*. Cette opinion a été légèrement modifiée depuis. Une de ces divisions, le *Sillery*, est maintenant rapportée au Huronien.

Les pierres qui le composent sont surtout des argilites, des grès, des calcaires et des conglomérats.

Les principaux fossiles sont des graptolites et quelques tribolites, fig. 140.

Trenton.—Calcaires éminemment fossilifères, développés sur la rive nord du fleuve depuis la Malbaie jusqu'à Montréal. Ces lits sont souvent imprégnés de pétrole.

On a découvert dernièrement au Saguenay deux autres grands bassins trentoniens, presque complètement dénudés par l'érosion du glacier quaternaire.

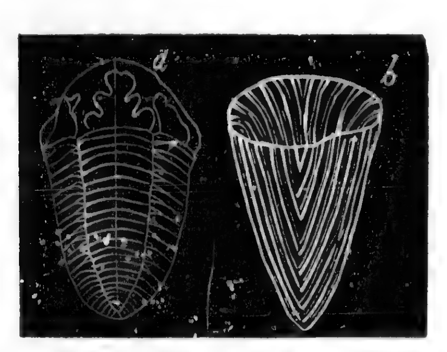


Fig. 141.

Fossiles.—Invertébrés très nombreux, fig. 141 et 142.

Rivière Hudson.—Cette série comprend aussi celle d'*Utica*. Elle est composée en général d'argilites

---

Fig. 141.—Fossiles de Trenton.—a, *Calymene senaria* ; b, *Petraia profunda.*

friables, interstratifiées de lits de grès utilisés comme pierre à bâtir. Se trouve au lac St-Jean, sur la rive nord du fleuve, depuis la Malbaie jusqu'à Montréal. La lèvre occidentale de la grande rupture qui partage le Canada géologique en deux bassins est bordée à l'ouest par les terrains de la *Rivière Hudson.*

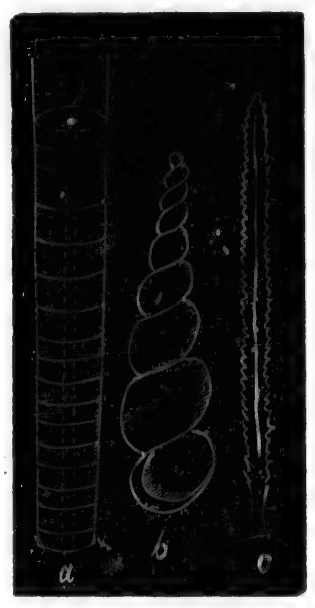


Fig. 142.

Révolutions à la fin du siluro-cambrien.—C'est surtout à la fin de cette époque que s'opère définitivement la séparation entre le bassin orientale et le bassin occidental du Canada. Sous l'influence d'une pression latérale venant de l'Atlantique, les couches siluriennes ont été pliées et cassées. Ce phénomène s'est produit tout spécialement le long d'une grande ligne de rupture qu'on peut tracer depuis le Golfe jusqu'au Cap Tourmente, et de là, en passant par St-Augustin, jusqu'au lac Champlain et même jusque dans les Etats du Sud de la République américaine. Cette faille a eu pour effet d'amener à la surface les roches du Groupe de Québec et de les faire reposer *apparemment* sur les lits plus récents d'Utica et de la rivière Hudson. Dans la figure 143

Fig. 142.—Fossiles de Trenton et Riv. Hudson. a, *Orthoceras ;* b, *Murchisonia gracilis ;* c, *Graptolithus bicornis.*

qui est une section faite à la chute Montmorency, T est le calcaire de Trenton, U est l'Utica, Q est le



Fig. 143.

Groupe de Québec, L est le Laurentien, *f* est la ligne de rupture. Cette section court depuis les hauteurs de Beauport, jusque sur le côté sud de l'Ile d'Orléans. La figure 144 est un autre coupe qui part de Lévis en L, rencontre le rocher de Québec Q, traverse la rivière St-Charles R, et finit sur les hauteurs de



Fig. 144.

Charlesbourg C. On peut y voir la disposition générale des roches du Groupe de Québec en même temps que des traces de la grande rupture citée plus haut.

SILURIEN PROPREMENT DIT.—Ces terrains existent surtout dans le sud de la région apalachienne où ils

---

Fig. 143.—Section à Montmorency : T U, hauteurs de Beauport, Q, île d'Orléans (Logan).

Fig. 144.—Coupe de Charlesbourg C à Lévis L, en passant par Québec Q.





reposent en stratification discordante sur le siluro-cambrien. Dans la Gaspésie, ils sont représentés par une épaisseur de calcaire de près de 2000 pieds. Ces calcaires sont recouverts en partie par une série de schistes *dévoniens*, d'une épaisseur de 7000 pieds, renfermant une flore fossile remarquable, étudiée par Sir W. Dawson. Les calcaires cités plus haut paraissent être l'équivalent des formations *Médina*, *Clinton*, *Niagara* et *Guelf*, du bassin paléozoïque occidental.

Nous donnons les principaux étages siluriens supérieurs du bassin occidental : le No. 1 correspond au plus ancien.

6	Helderberg inférieur.......	Calcaire.
5	Onondaga	Dolomie.
4	Guelf..............	Dolomie.
3	Niagara........................	Dolomie.
2	Clinton........................	Calcaire et schiste.
1	Medina........................	Grès.

On croit que les calcaires fossilifères de l'Ile d'Anticosti correspondent à la formation de *Guelf* dans Ontario.

Vie silurienne.—Vie essentiellement marine, caractérisée surtout par un grand développement de mollusques, de trilobites, d'algues, etc.

Etage dévonien ou Erien.—Les terrains dévoniens ne se rencontrent guère, dans notre Province, que dans la Gaspésie, mais en revanche ils sont très développés dans Ontario, autour du lac Erié. En

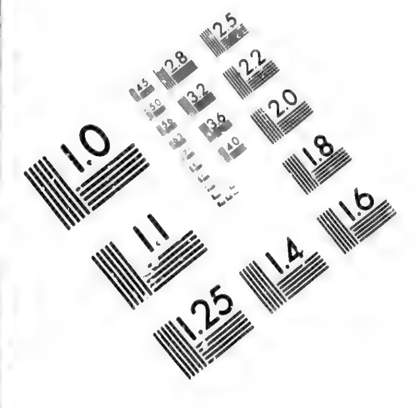
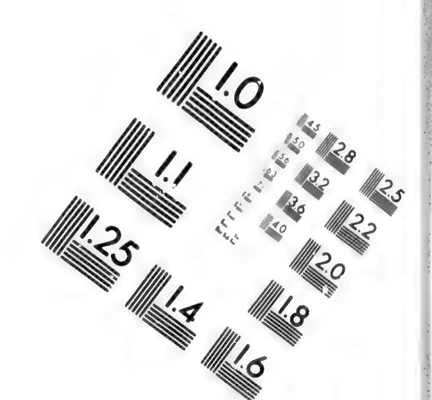
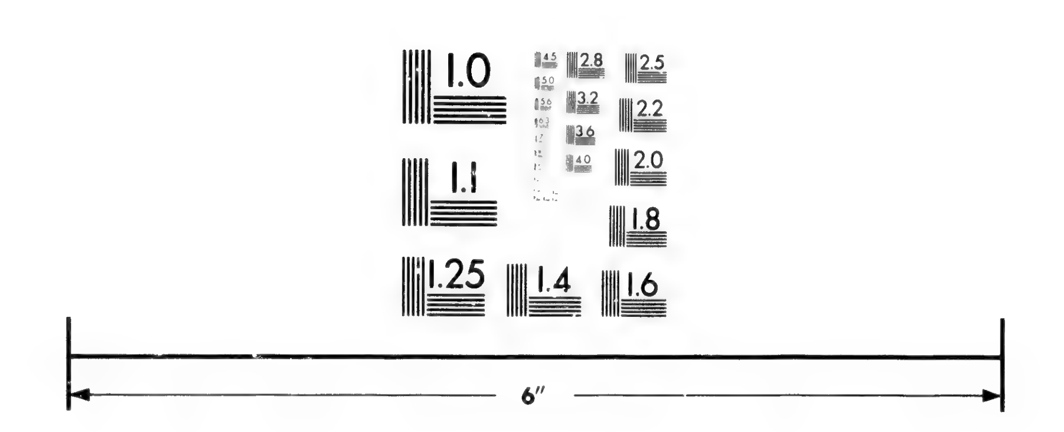
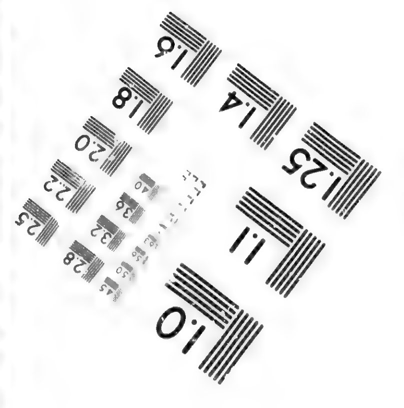
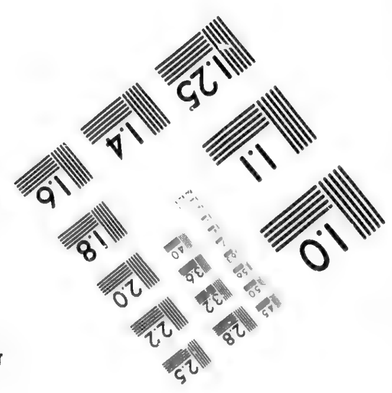



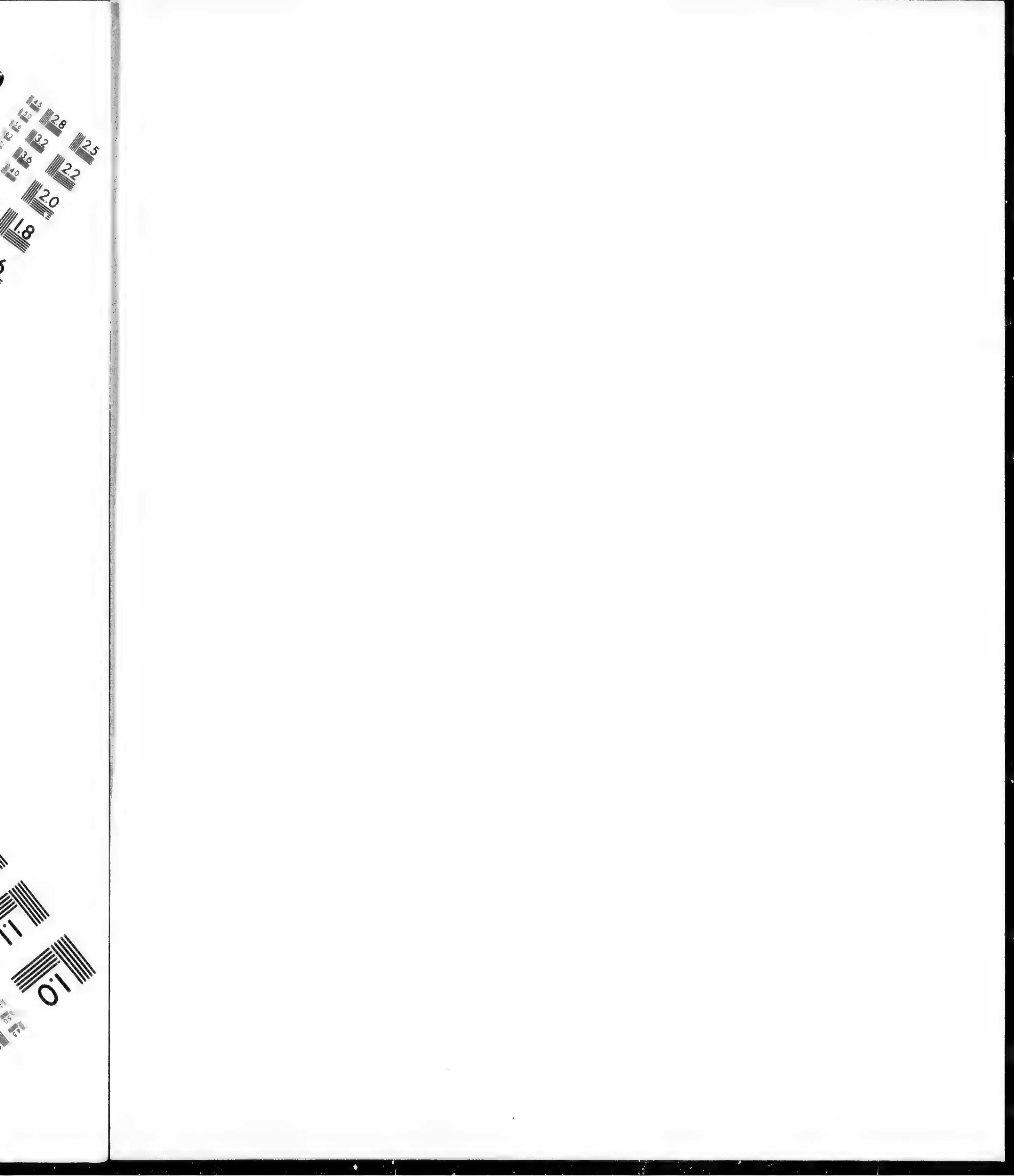
IMAGE EVALUATION TEST TARGET (MT-3)



Photographic Sciences Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503



voici les principaux étages. Le numéro 1 indique encore le plus ancien.

5 Chemung............ Schistes et grès.
4 Portage................ Schistes et grès.
3 Hamilton............ Schistes et marnes.
2 Cornifère............ Calcaire.
1 Oriskany............ Grès.

PÉTROLE CANADIEN ET AMÉRICAIN. — *Lits pétrolifères.*—Les terrains dévoniens du bassin occidental présentent un grand intérêt en ce qu'ils contiennent une assez grande quantité de pétrole. Il est possible cependant que le pétrole se rencontre dans les formations inférieures aux terrains dévoniens, *v. g.*, dans les calcaires de Trenton. Certains puits à pétrole dans les îles Manitoulines et le Kentucky atteignent cet horizon.

Le fait est que les lits calcaires de Trenton sont presque partout imprégnés d'une quantité notable de pétrole.

Dans Ontario les sources de pétrole ne se trouvent que dans les formations Eriennes. Les puits à pétrole traversent 100 à 140 pieds de drift puis atteignent les schistes de *Hamilton* et souvent même se rendent jusqu'au calcaire cornifère.

Il semble que dans tous les cas la source du pétrole est dans les calcaires, soit cornifères soit Trentoniens. Les schistes *Hamilton*, les sables quaternaires qui ont quelquefois donné des quantités considérables de pétrole n'étaient que des réservoirs où s'accumulaient le liquide provenant des lits inférieurs. Il suit de là que les sources de pétrole se

rencontrent de préférence le long des lignes de ruptures géologiques, car, en ces endroits, il y a plus de chance de rencontrer des fissures capables d'accumuler en quantité notable le pétrole des parties voisines.

Ces réservoirs renferment généralement avec le pétrole, des gaz, carbures d'hydrogène, azote, acide carbonique, et une quantité variable d'eau salée. De sorte qu'un même puit pourra donner simultanément ou successivement ces trois produits.

La grande masse de calcaire qui forme la base des grès dévoniens dans la Gaspésie est plus ou moins imprégnée de pétrole. De nombreuses petites sources s'y rencontrent sur les affleurements du calcaire et du grès. On a foré plusieurs puits dans cette région qui, cependant, n'a fourni, jusqu'à présent, que peu de pétrole.

Les pétroles de la Pensylvanie viennent des terrains dévoniens supérieurs, ceux de la Virginie occidentale et de l'Ohio sont extraits des terrains sous-carbonifères.

Genèse du pétrole.—Ce carbure liquide est certainement contemporain des calcaires où on le trouve. D'après le Dr Hunt, le pétrole résulte d'une transformation particulière des matières animales ou végétales, qui se serait opérée au fond des eaux où se faisaient les dépots calcaires.

Les relations entre le pétrole et les eaux salines ne sont qu'apparentes. Ces eaux ne sont que des restes de l'océan primitif, silurien ou dévonien. De plus il y a dans les mêmes formation des lits salifères distincts des lits pétrolifères et qui peuvent par accident

mélanger leurs produits avec ceux des lits pétrolifères dans des réservoirs communs.

Vie dévonienne.—Caractérisée surtout par un grand développement de poissons de la famille des requins. Il y en avait plusieurs recouverts de larges plaques osseuses qu'on retrouve souvent dans les lits dévoniens. Ajoutons beaucoup de mollusques, de coraux, de trilobites. Les plantes terrestres qui font alors leur apparition sont presque



Fig. 145.



Fig. 146.

Fig. 145.—Plante dévoniennes. a, *Asterophyllites parvula* ; c et d, le même agrandi, d'après Dawson.

Fig. 146.—Animaux dévoniens. d, *Cephalaspis Dawsonii* ; a, carapace du même grossie ; c, *Zaphrentis prolifica.*

toutes cryptogames : fougères, lycopodes, équisétacés, fig. 145 et 146.

Etage carbonifère.—C'est l'âge durant lequel s'est formée la houille. Dans les terrains inférieurs, à cause du développement restreint de la végétation, la houille n'existe pas. Mais les mines de houille peuvent se trouver dans les étages supérieurs, et de fait, quelques-unes sont exploitées qui appartiennent aux époques mésozoïques et même cénozoïques.

Durant l'époque carbonifère, la surface des continents était tantôt un peu au-dessus des océans, tan-



Fig. 147.



Fig. 148.

tôt un peu au-dessous. De vastes marais d'eau douce recouvraient des surfaces très grandes. Là, une végétation des plus vives se développait inces-

Fig. 147.—a, Aile de *Blattina Bretonensis ;* b, *Archiulus xylobioides.*

Fig. 148.—Portion de tige de Calamite.

samment, pendant qu'à l'ombre de ces forêts se multipliaient les scorpions, les araignées, les insectes et plusieurs reptiles. Les plantes, assez analogues aux plantes dévoniennes, appartenaient à la grande classe des cryptogames. Le feuillage était donc très riche, mais il n'y avait pas de fleurs. Les fougères de cette époque atteignent 30 pieds de hauteur, les lycopodes, 50 ou 60 pieds et les équisétacés, plus de 20 pieds. Toutes ces plantes, sauf certaines fougères tropicales, ne dépassent pas maintenant deux ou



Fig. 149.

trois pieds. Les figures 147, 148 et 149 représentent quelques types des fossiles carbonifères, plantes et animaux.

La formation carbonifère n'est représentée dans la Province de Québec que par une étroite lisière, de *sous-carbonifère*, à Bonaventure, laquelle ne renferme

---

Fig. 149.—a, Ecorce de *Lepidodendron personatum ;* b, rameau de *L. Pictoense ;* c, feuille du même ; d, *Sigillaria eminens ;* e, *Sigillaria Brownii*, d'après Dawson.

C. J. N.
COLLEGE SAINT-VIATEUR



pas de mine de houille. C'est dire qu'on ne découvrira pas de mine de houille au Canada. Les quelques matières charbonneuses qui se rencontrent souvent dans certaines parties du Groupe de Québec, sont loin de constituer des mines de houille, pas plus que les filons de neuf ou dix pouces d'épaisseur qu'on trouve ailleurs, et dont le rendement ne couvrirait pas les frais d'exploitation.

La formation houillière est très développée dans la Nouvelle-Ecosse, les Etats Unis, l'Angleterre, la France, etc.

L'âge de la houille n'a pas été une âge de verdure perpétuelle, car les lits de houille, qui sont le résultat de la décomposition des végétaux, ne constituent pas le cinquantième de l'épaisseur totale des terrains houilliers. Il s'y est donc produit dans les surfaces continentales des dépressions assez fortes pour permettre le dépôt de lits puissants de grès ou de calcaires. Un mouvement ascendant les reportait plus tard à la surface, de sorte qu'un autre lit de houille pouvait se former, et ainsi de suite.

Origine de la houille.--Il est hors de doute que la houille résulte de tissus végétaux décomposés. En voici les principales preuves. On y trouve en effet des troncs d'arbres ayant encore la structure du bois et cependant convertis en houille. Des lits de tourbes se changent insensiblement en une matière qui ressemble tout à fait à la houille. Les débris de plantes, feuilles, rameaux, tiges, abondent dans les lits houilliers. Enfin, l'anthracite, même la plus compacte, a la structure organique.

Les matières végétales, enfoncées dans l'eau et soumises à l'action d'une chaleur modérée, ne perdent qu'une petite partie de leur carbone, le reste demeure combiné avec une portion de l'hydrogène et de l'oxygène des tissus primitifs et constitue la houille. Le bois, durant cette opération, perd les trois-cinquièmes ou les trois-quarts de son poids, et de plus, grâce à la pression, son volume est de beaucoup diminué. On croit qu'un pied de houille correspond à un lit végétal de 5 pieds d'épaisseur et un pied d'anthracite à un lit végétal de 8 pieds.

L'existence des lits de houille, avec les mêmes plantes fossiles au pôle nord et à l'équateur, est une preuve que le climat de cette époque était à peu près uniforme sur toute la surface de la terre. L'atmosphère devait renfermer beaucoup d'acide carbonique et de vapeur d'eau, agents qui favorisent grandement la croissance des végétaux.

Agrandissement du continent américain du nord pendant le paléozoïque.—Nous avons vu qu'à la fin de l'époque archéenne, le continent américain était représenté par un noyau terrestre assez restreint, placé près de la baie d'Hudson. Les montagnes de cette première époque étaient les Laurentides, les Adirondacks et quelques autres sommets des Etats-Unis. Durant tout le paléozoïque, le continent américain s'agrandit ; son rivage sud s'éloigne de plus en plus du noyau archéen. A la fin du siluro-cambrien, les rivages océaniques touchent presque les limites sud de notre province. Les monts Notre-Dame et les Montagnes Vertes surgissent. Une étroite bande

de la Gaspésie se formera durant le dévonien et à la fin du sous-carbonifère toute notre province contiendra les terrains qu'on y rencontre aujourd'hui. La ligne des rivages continue ensuite son mouvement vers le sud durant le carbonifère.

PERTURBATIONS À LA FIN DU PALÉOZOÏQUE.—Durant toute l'époque paléozoïque, sauf le siluro-cambrien, les lits étaient restés dans un repos relatif. Mais à la fin de cette époque, les couches ont été profondéments modifiées, dans leur position par des plissements et des ruptures, dans leur composition et leur structure par le métamorphisme. Ça été une époque de bouleversement par toute la surface de la terre, et, par contre coup, l'extinction de toutes les espèces animales paléozoïques s'en est suivie. Ces grands mouvements, comme dit M. Le Conte, ont été comme la sentence de mort des êtres paléozoïques.

Leurs effets ont été de courber les lits en plis gigantesques, larges d'un mille et plus ; de les rompre



Fig. 150.

par des failles 10,000 à 20,000 pieds, fig. 150. Ailleurs les roches on été durcies, métamorphisées, la houille

---

Fig. 150.—Faille (Dana).

changée en anthracite. Nous donnons ici deux coupes des couches telles que modifiées par ces révolutions, fig. 151.



Fig. 151.

Il semble que la force produisant ces mouvements soit venue de l'Atlantique. Dans tous les cas, les effets ont été considérables, surtout sur la côte est de l'Amérique, et le résultat définitif a été la formation



Fig. 152.

des Monts Apalachss. La figure 152 représente une section faite transversalement à ces montagnes. On

---

Fig. 151.—Bouleversements à la fin du paléozoïque (Dana).
Fig. 152.—Section des Apalaches (Dana).





peut y voir les plissements, les ondulations, les ruptures qui ont modifié la position primitive des lits. On verra en même temps que le relief des plis primitifs, qui avaient jusqu'à 20,000 pieds de hauteur, a été profondément modifié par l'érosion, et les Apalaches ne présentent nulle part des hauteurs qui approchent de celles là.

C'est à cette époque qu'on croit devoir placer la formation des monts Ourals, entre l'Europe et l'Asie.

CHAPITRE TROISIEME.

Epoque mésozoique.

Les terrains de cette époque offrent peu d'intérêt pour nous, vu qu'on ne les rencontre pas dans notre province. Le continent américain s'accroît encore par des dépôts qui se forment sur ses côtés et sur une large bande placée à l'intérieur, là où s'élèvent maintenant les Montagnes Rocheuses. Cette grande loi du développement géographique du continent américain par le sud, se continue donc durant le mésozoïque. Vers la fin, commencèrent à se dresser les chaînes de Sierra Nevada, de Wahsatch, à l'est du Grand Lac Salé, de de Humbodt et quelques autres chaînons secondaires. La figure 153 est une carte de l'Amérique à l'époque mésozoïque. Le continent est presque tout formé, sauf une lisière le long du

golfe du Mexique et une large bande sur laquelle s'élèveront plus tard les puissants massifs des Montagnes Rocheuses.



Fig. 153.

Cette époque se partage en trois étages : le *triassique*, le *jurassique* développé surtout dans les monts Jura et le *crétacé*, caractérisé par de puissants lits de craie.

La vie se modernise peu à peu. Parmi les mollusques, les espèces d'Ammonites et de Bélemnites se comptent par centaines, par milliers. Les reptiles, chez les vertébrés, prennent un développement si marqué, que cet époque a été appelé *l'âge des reptiles*. C'était d'énormes sauriens, sillonnant les eaux de

---

Fig. 153.—Amérique méso[illegible]ne.

leur masse pesante, ou des ptérodactyles, véritables dragons volants, *a* fig. 154. Quelques sauriens terrestres, à la fois herbivores et carnivores, mesuraient 25 à 50 pieds de long ; d'autres sauriens bipèdes, les



Fig 154.

dinosaures, et parmi eux l'*iguanodon*, atteignaient des dimensions énormes, plus de 30 pieds de longueur ; ajoutons les mosasaures, serpents marins de 75 à 80 pieds. Les oiseaux d'alors ont quelques traits de ressemblance avec les reptiles ; quelques-uns ont des queues mobiles comme eux et de véritables dents. Il est donc tout naturel que cette époque ait été appelée l'âge des reptiles. La fig. *b* représente la tête de l'un de ces reptiles, *c* et *d* sont deux espèces des coquilles microscopiques dont se compose la craie.

Fig. 154.—**Animaux de l'époque mésozoïque. a, *Pterodactylus crassirostris ;* b, tête de mégalausaure ; c, *planorbulina ariminensis ;* c, *textularia pygmæa,* deux foraminifères crétacés.**

CHAPITRE QUATRIEME.

Epoque cénozoique.

Lyell partage l'époque cénozoïque en *eocène*, *miocène* et *pliocène*. M. J.-D. Dana, la divise en *Lignitique*, *Alabama*, *Yorktown* et *Sumter*.

C'est durant le cénozoïque que notre continent se complète. Les Montagnes Rocheuses se forment définitivement et atteignent peu à peu le niveau qu'elles ont maintenant. Les côtes continentales se dévelop-

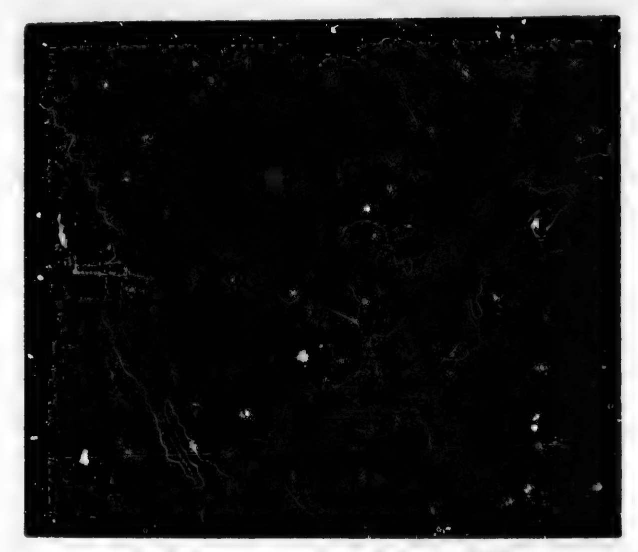


Fig. 155.

pent, et à la fin de l'époque, l'Amérique du Nord apparait telle que nous la voyons aujourd'hui. La

Fig. 155.—Amérique cénozoïque.

figure 155 représente le continent américain du nord à l'époque cénozoïque.

La vie végétale et animale se rapproche décidément de celle qui nous est contemporaine. Parmi les arbres on trouve les chênes, les saules, les peupliers, les érables, les palmiers, les magnolias, etc. Dans le règne animale existe un grand dévelopement de mammifères. Les oiseaux n'ont plus la queue de

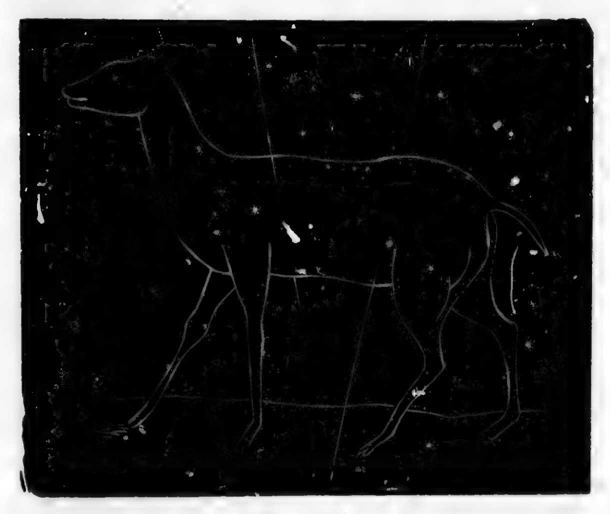


Fig. 156.

leurs prédécesseurs mésozoïques, mais ressemblent aux espèces actuelles. Chez les mammifères apparaissent les premières baleines, les premiers herbivores, fig. 156, les carnivores, les rongeurs et les singes. Dans les lits miocènes se trouvent des ossements fossiles d'hyènes, de chiens, de panthères, de rhinocéros, de

Fig. 156.—*Xiphodon gracile.*

tapirs, de chevaux, etc. Le pliocène renferme des restes d'éléphants, de mastodontes, de renards, de loups, etc. C'est durant cette époque que se forment les Montagnes Rocheuses. En Europe et en Asie, on voit aussi surgir de puissants massifs montagneux. Les Alpes, les Pyrénées, les monts Carpathes, les monts Himalayas, sont de l'époque cénozoïque.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Epoque quaternaire.

L'époque quaternaire offre pour nous un intérêt particulier, car c'est alors que se sont formés les sables, les graviers et les glaises, qui recouvrent partout les formations siluriennes et qui constituent notre sol arable. Dans la Province de Québec, nous n'avons donc que les deux extrémités de la série des terrains géologiques ; les plus anciens : terrains *éozoïques* et *paléozoïques*, et les plus récents : terrains *quaternaires*.

L'époque quaternaire se partage en trois étages : l'étage *glaciaire*, l'étage *Champlain* et l'étage des *terrasses* ou *récent*.

Etage glaciaire.—Durant cette période on constate qu'une quantité énorme de substances minérales et terreuses fut transportée du nord vers le sud, dans

les pays septentrionaux. C'étaient des argiles, des sables, des graviers, des galets, quelquefois des troncs ou des branches d'arbre. Ces matières sont maintenant distribuées pêle-mêle, stratifiées ou non, à la surface des continents. Elles ne contiennent jamais de fossiles marins. La Province de Québec, surtout la grande plaine qui en occupe le centre, est recouverte par une épaisseur considérable de ces matériaux de transport. La plupart des cailloux perdus des champs viennent des Laurentides.

Les cailloux transportés ainsi ont quelquefois des volumes énormes. On en a mesurés de 20 ou 30 pieds de dimension en tous sens et pesant des millions de livres. En général la direction de ces mouvements a été du nord vers le sud ou le sud-ouest, quelquefois vers le sud est. Les matériaux ont été transportés à travers les grands lacs de l'ouest, aussi bien qu'à travers les plaines ordinaires. Quant à la distance à laquelle ces transports se sont faits, elle dépasse quelquefois 200 milles.

Striage.—Les surfaces rocheuses sur lesquelles s'opéraient ces mouvements ont été polies, arrondies en roches moutonnées ; leur surface s'est recouverte de stries, indiquant la direction du mouvement. On trouve ces stries dans les montagnes, à plus de 5000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Glacier continental.—La cause de tous ces effets a été une immense surface de glace, un immense glacier, recouvrant complètement les contrées septentrionales de l'hémisphère nord et coulant vers le sud. En effet, les glaciers des Alpes produisent encore aujourd'hui les mêmes résultats, et il est rai-

sonnable d'attribuer à des causes analogues des effets de même nature. Les hauteurs auxquelles on trouve maintenant les stries glaciaires (4 ou 5000 pieds), font donner à la masse de glace une épaisseur énorme. Si les glaciers actuels, qui ne dépassent guère quelques centaines de pieds d'épaisseur, modifient si profondément les surfaces sur lesquelles ils coulent, que ne pouvait pas faire alors le poids immense du glacier continental ? Sans aucun doute, il y a là une cause suffisante pour expliquer tous les phénomènes que nous constatons dans cet étage du quaternaire. Les lits antérieurs ont donc dû être broyés, pulvérisés ; leurs débris, entraînés par le courant glacial, se sont déposés ça et là, et ont formé le sol que nous cultivons maintenant.

Les banquises d'alors ont aussi contribué à transporter une certaine quantité de terre et de pierres, du nord vers le sud.

Etage Champlain.—Cette période a été caractérisée par une dépression des continents septentrionaux, assez considérable pour permettre le dépôt de fossiles marins à des endroits maintenant élevés de près de 1000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le climat devint plus chaud que durant la période précédente ; ce fut la cause de la fusion du glacier continental. Les eaux qui en résultèrent recouvrirent une grande partie du continent, remanièrent les détritus rocheux distribués sans ordre par le courant glacial primitif, pour les déposer ensuite sous forme d'alluvions plus ou moins régulièrement stratifiées.

A ces eaux douces, nous devons ajouter l'océan,

Carte de la province de Québec à l'époque Champlain.—Les parties couvertes de hachures étaient alors envahies par l'eau. Le golfe St-Laurent se prolongeait jusqu'à Montréal, et, au sud, ses eaux se mêlaient à celles du lac Champlain. Ce dernier, véritable bras de mer, était peuplé de baleines et autres animaux marins, dont on a trouvé les débris sur ses rivages. Il est aussi digne de remarque que le territoire du Saguenay était également recouvert par l'eau. Le lac St-Jean devait se prolonger loin au sud, jusqu'aux environs de Chicoutimi. C'est durant l'époque des *terrasses* que ce vaste réservoir s'est vidé peu à peu par la rivière Saguenay.

qui, grâce à l'affaissement de la surface continentale, envahit la terre ferme, remaniant lui aussi, les détritus de l'époque glaciaire, et laissant çà et là des amas de coquillages marins, fig. 157. Ces coquillages se trouvent en plusieurs endroits de notre province, particulièrement à Beauport, à Montréal, aux Trois-Pistoles, au lac St-Jean, etc. Ils sont souvent à plus de 400 ou 500 pieds au-dessus du niveau actuel du fleuve.



Fig. 157.

De ces faits on a droit de conclure qu'à l'époque Champlain, la province de Québec était en grande partie un immense bras de mer, faisant communiquer l'océan avec le lac Champlain, et peuplé de baleines, de marsouins et autres animaux marins dont on a trouvé les restes sur les bords du lac Champlain et en différents autres endroits. Il est certain cependant ni la région apalachienne du Canada, ni la région laurentienne, n'a été recouverte par les eaux de l'époque Champlain. La preuve en est que les matériaux des glaciers se rencontrent là très irrégulièrement distribués, sous forme de moraines, absolument dans l'état où le glacier, en fondant, a dû les laisser sur le sol.

Fig. 157.—a, *Saxicava rugosa*, d, *Tellina Groënlandica*, coquillages marins de l'étage Champlain.

Les lits de l'étage Champlain dans l'Amérique du Nord, contiennent les débris de plusieurs grands mammifères herbivores, éléphants, mastodontes, bœufs, cerfs, castors, avec peu de carnivores. En Europe les mêmes lits sont riches en os de carnivores, lions, ours, tigres. Dans l'Amérique du Sud, on y trouve des os d'édentés, megatherium, glyptodon. En Australie, ce sont des fossiles de marsupiaux à peu près semblables à ceux qui y vivent encore aujourd'hui. Tous ces mammifères avaient des dimensions colossales. L'époque Champlain est celle où cet embranchement du règne animal atteint son plus grand développement.

Etage récent ou des terrasses.—A la fin de l'époque Champlain, la surface continentale, régularisée par les eaux, commença à émerger lentement à la surface de l'océan qui la recouvrait. Alors les rivières apparurent dans les vallées et creusèrent peu à peu leurs lits actuels dans le sol meuble et stratifié, formé durant la période Champlain. Ces rivières, en atteignant des niveaux de plus en plus bas, formèrent de chaque côté de leurs lits des terrasses plus ou moins régulières, Ces terrasses se voient le long de tous les cours d'eau. Un endroit où elles sont tout particulièrement belles, c'est l'embouchure de la rivière Ste-Anne. Toute la paroisse de St-Joachim ne se compose d'ailleurs que de deux terrasses, l'une inférieure argileuse, l'autre, plus haute de 10 ou 15 pieds, et à surface sablonneuse. Citons encore les terrasses si belles et si régulières qui entourent la montagne de Montréal. Il y en a là toute une série, superpo-

sées les unes aux autres et du plus haut intérêt pour le géologue à cause des fossiles qu'elles renferment. La même chose peut se dire des terrasses qui avoisinent Québec. A Beauport, elles sont particulièrement riches en fossiles.

Oscillations du continent américain durant l'époque quaternaire.—De tout ce que nous venons de voir, nous pouvons conclure que trois grandes oscillations se sont fait sentir pendant le quaternaire, dans les pays septentrionaux. Un premier mouvement d'élévation, durant l'époque *glaciaire*, qui causa très probablement le refroidissement des climats et amena la formation du glacier continental. Un mouvement d'affaissement, durant lequel le glacier fondit et l'océan envahit une partie du continent : étage *Champlain*. Enfin, un second mouvement de soulèvement : étage des *terrasses*.

CHAPITRE SIXIEME.

L'homme.

C'est après toute cette série de révolutions, alors que la terre, façonnée par la main du Créateur, modifiée par le concours des divers agents de la nature, et enrichie de tout ce qui était nécessaire à l'humanité, était devenue une demeure digne du roi de la création, que ce roi lui-même est sorti de la main de

Dieu. L'homme a été créé directement par Dieu. Quand même l'Ecriture ne nous le dirait pas, le témoignage de la science suffirait pour l'affirmer hautement. Impossible d'expliquer autrement les facultés intellectuelles qui lui appartiennent. Il n'est pas, comme le veulent les transformistes, un des anneaux de cette série indéfinie de formes par lesquelles passent d'après eux, tous les êtres vivants, obéissant à une grande loi de perfectionnement qu'ils supposent régir toute la création animée. Cette théorie transformiste ne repose que sur des hypothèses ; car, s'il y a un fait certain en histoire naturelle, c'est la *fixité complète* des espèces vivantes. Et nous sommes en droit de rejeter toute théorie basée sur la variabilité de ces espèces, tant qu'on ne nous en aura pas donné un exemple évident. L'homme n'a donc aucun lien de parenté avec le singe. Il n'est pas un singe perfectionné. Les crânes humains les plus anciens, sont, d'après les transformistes eux-mêmes, tout à fait différents des crânes simiens.

L'homme a été créé, non pas à l'état sauvage, mais dans un état de véritable civilisation. Si donc on trouve quelque part des traces qui indiquent l'état de barbarie de certaines peuplades préhistoriques, celles-ci doivent être regardées comme des produits de la dégénérescence de l'espèce humaine et non pas comme des types de la condition primitive de l'homme.

Quant à l'antiquité de l'homme, on peut croire que nos ancêtres ont été contemporains des grands mammifères quaternaires, car on trouve les ossements humains mêlés dans les cavernes avec

ceux des mammouths, des rhinocéros et des ours. On a même découvert sur des morceaux d'ivoire, des desseins représentant des mastodontes quaternaires, animaux dont on ne trouve plus maintenant les ossements qu'à l'état fossile. Mais il n'y a aucun fait qui permette de croire un instant à l'existence de l'homme tertiaire.

D'ailleurs l'antiquité de l'homme est une question qui est du ressort de l'histoire proprement dite. Si donc un jour les avancés de la Géologie contredisent des faits prouvés d'une manière certaine par les documents historiques, il faudra admettre que la Géologie se trompe : et cela d'autant plus facilement, que ses données trop souvent, ou bien ne sont pas certaines, ou bien sont susceptibles de diverses interprétations. La vérité est une. Du moment qu'elle se laisse voir, qu'elle apparaisse du côté des faits ou du côté du raisonnement philosophique, nous n'avons qu'à l'accepter, remerciant toujours le grand Dieu qui veut bien nous la manifester.

Des rapports de la Bible et de la Géologie, nous ne dirons qu'un mot. Dieu est l'auteur des faits géologiques aussi bien que de la Bible. Ce sont deux livres merveilleux qui ne peuvent se contredire. Si quelques-uns de ceux qui essaient de les lire les trouvent en désaccord, soyons sûrs qu'ils interprètent mal l'un ou l'autre de ces deux grands livres. Pour nous, respectons-les tous les deux. Etudions-les avec passion, si nous le voulons, mais en toute soumission aux décisions des autorités compétentes. Ils chantent, chacun à sa manière, la gloire de leur auteur commun, le Dieu de toute vérité.

BOTANIQUE

NOTIONS PRELIMINAIRES.

La Botanique est la science des végétaux. Elle étudie leur origine et leur développement et tire de l'examen de leur structure des caractères propres à les classer.

Cette simple définition laisse déjà apercevoir l'immense étendue du champ qu'embrasse cette science. En effet les plantes se trouvent partout. Depuis l'humble lichen qui se cramponne aux flancs des rochers arides, jusqu'aux algues microscopiques qui pullulent au sein des eaux, en passant pas nos superbes forêts et nos verdoyantes prairies, les plantes couvrent toute la surface du globe. Les botanistes comptent déjà plus de 125,000 espèces de plantes vivantes et ce nombre si considérable s'accroit tous les jours. Que sera-ce donc si on y ajoute les espèces fossiles qui se trouvent dans les différents lits de la croûte terrestre ?

Aussi, est-il complètement impossible d'entreprendre une étude détaillée de ces diverses espèces. Dans ces quelques notes, nous n'étudierons donc les plantes qu'à un point de vue tout-à-fait général. Nous verrons leur organisation, leur structure tant élémentaire que générale, leur mode de reproduction et de dévelopement, sans nous occuper particulièrement, sauf de rares exceptions, de la valeur qu'elles peuvent avoir à divers points de vue particulier.

On définit généralement le *végétal :* Un être organisé, privé de sensibilité et de mouvement spontané, qui se nourrit de substances inorganiques au moyen d'organes qui lui sont propres.

Les végétaux se distinguent très nettement des corps inorganiques. Sans parler de l'organisation spéciale qui fait que leur composition élémentaire n'est pas la même dans leurs différentes parties, les végétaux ne renferment qu'un petit nombre d'éléments, quinze ou seize au plus ; et parmi ces éléments, quatre constituent pour ainsi dire exclusivement la charpente végétale. Ce sont l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote. Les végétaux croissent d'une manière limitée et par *intussusception*, c'est-à-dire, que les éléments pour être assimilés doivent pénétrer d'abord à l'intérieur pour se distribuer dans les différentes parties où s'opère l'accroissement. Puis, après un temps plus ou moins long, après avoir rempli certaines fonctions, spéciales qui caractérisent ce qu'on appelle la vie, le principe vital qui s'était manifesté en eux s'en sépare, les plantes meurent et dès lors retombent dans la catégorie des

êtres inorganiques. Les composés instables, formés sous l'influence de la vie, se résolvent en combinaisons plus simples et plus fixes, et les plantes comme les animaux, finissent par retourner en la poussière d'où elles sont sorties.

Les êtres inorganiques ou les minéraux ne présentent aucun de ces caractères. Leur composition chimique est des plus variée. Ils renferment en effet tous les éléments de la nature. Ils croissent par *juxtaposition*, d'une manière illimitée, soit continuellement, soit par intermittence. Enfin leur existence n'est pas limitée par le départ d'un principe de vie spécial. Les minéraux ne meurent pas. Au contraire ils peuvent exister indéfiniment tels qu'ils sont.

Bien que les plantes aient comme les animaux un principe de vie distinct de la matière qui les compose, il existe cependant des différences très marquées entre ces deux groupes d'êtres vivants. Dans les animaux les aliments se rendent d'abord dans un organe particulier où ils sont élaborés, pour se distribuer ensuite dans tout le corps. Chez les plantes, l'élaboration se fait un peu partout, et quoique certains organes y concourent plus directement que d'autres, il est cependant difficile de localiser ce phénomène physiologique. Chez les animaux, il y a encore un centre de circulation, ce qui ne se trouve pas chez les plantes. Les animaux se meuvent spontanément, les plantes ne jouissent pas de cette faculté ou ne la possède qu'à l'état rudimentaire. Les animaux sentent, les plantes sont regardées comme insensibles.

Cependant les deux règnes, animal et végétal, se touchent pas leurs degrés inférieurs. A mesure que les êtres vivants, plantes ou animaux, se simplifient dans leur forme et leur structure, les ressemblances mutuelles deviennent de plus en plus marquées. C'est ainsi que certains animaux inférieurs se fixent sur les rochers de la mer et semblent pousser comme les plantes, que certaines plantes ont des mouvements très remarquables, que les graines des algues, entre autres, se déplaçent dans l'eau absolument comme les infusoires jusqu'à ce qu'elles aient trouvé un endroit favorable à leur germination.

Si donc les deux grandes divisions des êtres vivants sont parfaitement différenciées dans leurs embranchements supérieurs, elles paraissent se confondre par leurs racines, de façon qu'il est difficile de trouver la ligne de démarcation qui sépare nettement le règne animal du règne végétal. Ce sont comme deux rameaux issus du même tronc.

DIVISIONS.

Les botanistes divisent généralement la botanique en quatre parties :

1° L'*Anatomie* ou *Histologie végétale.* C'est l'étude des tissus élémentaires des végétaux.

2° L'*Organographie.* Etude de l'organisation générale des plantes. Elle s'occupe de l'origine, du développement, des transformations diverses de ces organes et en même temps du rôle qu'ils jouent dans la vie végétale.

3° *Physiologie végétale.* Etude des fonctions vitales des plantes ; comment celles-ci naissent, croissent et se reproduisent.

4° La *Taxonomie.* Etude des principes qui ont servi de bases aux diverses classifications qui ont été successivement imaginées.

On peut encore ajouter la *Phytographie* qui comprend la description des plantes, soit individuellement, soit en groupes appelés : *espèces*, *genres*, *familles* ou *classes.*

LIVRE PREMIER.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE.

Les végétaux ne sont pas des masses homogènes. Ils résultent de la juxtaposition d'organes élémentaires qu'on appelle *cellules*, *fibres* ou *vaisseaux* suivant les formes qu'ils affectent. Ces organes sont toujours extrêmement petits. Rarement il est possible de les voir à l'œil nu, vu que leur diamètre varie entre un deux-cent-quarantième et un douze-centième de pouce. Il faut donc pour les étudier se servir du microscope, et ce n'est que depuis la découverte de cet instrument qu'on a pu se former des idées exactes sur la structure des plantes.

Des trois organes élémentaires des plantes, *cellules*, *fibres* et *vaisseaux*, les premiers qui apparaissent sont les cellules. Toute plante, comme tout être vivant du reste, commence par être une cellule. Puis celle-ci se multiplie, ses formes extérieures se modifient de manière à constituer plus tard les deux autres éléments des végétaux. Il convient donc de commencer l'histologie végétale par l'étude de la cellule et du tissu cellulaire.

CHAPITRE PREMIER.

Tissu cellulaire.

Les *cellules* sont de petites vésicules complètement closes.

La réunion des cellules constitue ce qu'on appelle le tissu cellulaire. Elles sont maintenues réunies par une matière spéciale appelée *matière intercellaire.* Celle-ci est soluble dans l'eau bouillante et dans l'acide nitrique étendue.

Forme.—Les cellules jeunes sont généralement arrondies, *a* fig. 158. Bientôt, leur nombre augmentant, elles se pressent les unes les autres et prennent des formes polyédriques plus ou moins régulières. Une section d'un tel tissu cellulaire présente une série de polygones géométriques à quatre, cinq ou six côtés, et offre une certaine analogie avec les alvéoles d'un rayon de miel, *b* fig. 158.

Les cellules ont encore quelquefois d'autres formes, souvent fort irrégulières. On en rencontre à contours sinueux dans l'épiderme d'un grand nombre de plantes, *c* fig. 158 ; ailleurs elles sont radiées ou ramifiées, *e*, *f* fig. 158. Les cellules du revers des feuilles sont remarquables pour l'irrégularité de leurs formes.

Méats.—Entre les cellules se trouvent des espaces vides appelés *méats* ou *espaces intercellulaires*, *m* fig. 158. Ces méats, qui existent nécessairement chaque fois que les cellules sont sphériques, se rencontrent

encore parmi les cellules polyédriques. Ils sont le plus souvent remplis d'air et servent ainsi à distribuer les gaz dans l'épaisseur des tissus végétaux.



Fig. 158.

Au microscope, ils présentent, s'ils sont vides, l'apparence de points obscurs.

Lorsque les cellules voisines se déchirent et se détruisent les méats s'agrandissent et constituent ce qu'on appelle plus spécialement des *lacunes*. Les tiges fistuleuses de plusieurs plantes, des graminées entre autres, doivent leur structure tubuleuse à des lacunes de ce genre.

INCRUSTATION.—La membrane cellulaire, d'abord

Fig. 158.—Formes diverses des cellules, *a* cellules sphériques avec méat ; *b* cellules polygonales avec noyau ; *c* cellules irrégulières ; *d* cellules allongées ; *e* cellule radiées ; *f* cellules ramifiée (Van Tieghem).



très mince, ne tarde pas quelquefois à s'épaissir. Ce phénomène se produit particulièrement aux endroits où le tissu cellulaire acquiert une grande dureté, comme dans les noyaux des fruits. L'épaississement de la membrane résulte de la formation de couches qui se déposent successivement à l'intérieur de la paroi primitive, fig. 159. Ces dépots se renouvellent à plusieurs reprises et la cavité cellulaire est bientôt réduite à un minimum, quelquefois même elle disparaît complètement. Certains points de la membrane cellulaire sont incapables de s'assimiler ainsi les liquides de la cellule, alors les dépots ne s'y produisent pas et la membrane reste mince. Si on examine au microscope l'extérieur d'une telle



Fig. 159.

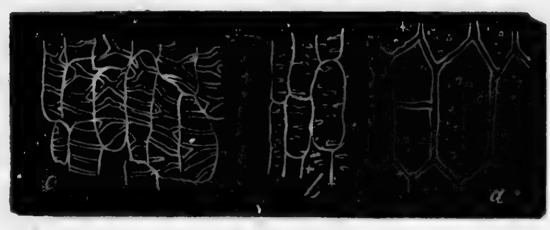


Fig. 160.

cellule, on verra des taches ou des lignes plus pâles

Fig. 159.—*a* Cellules incrustée tirée de la noisette ; *b* cellules du périsperme des pepins de pomme.

Fig. 160.—*a* Cellules ponctuées de la moelle dé sureau ; *b* cellules rayées ; *c* cellules réticulées des anthères du frêne.

correspondant à ces solutions de continuité dans les couches incrustantes. Ce sont ces particularités qui font donner aux cellules le qualificatif de *ponctuées*, *rayées*, *réticulés*, fig. 160, suivant l'apparence que présentent ces lignes moins foncées.

COMPOSITION CHIMIQUE DE LA MEMBRANE CELLULAIRE. —La membrane cellulaire se compose toujours de cellulose. Cependant, grâce à l'incrustation, elle s'imprégne souvent de plusieurs autres principes immédiats.

MATIÈRES LIQUIDES ET SOLIDES QUE RENFERMENT LES CELLULES.—La principale matière liquide des cellules est le *protoplasma*. C'est le liquide vivant des cellules. Substance azotée, mucilagineuse, il remplit complètement les jeunes cellules. Plus tard on y voit apparaître des cavités qui se gonflent du suc cellulaire proprement dit. Alors le protoplasma se condense sur la paroi cellulaire et apparaît au microscope sous la forme de courants qui existent tant que dure la vie de la cellule. Ce réseau protoplasmique intérieur change assez souvent dans une même cellule, mais les courants qui le composent viennent toujours passer par un point appelé *noyau* et qui joue un rôle très important dans les cellules vivantes.

Les cellules contiennent encore de l'eau, des huiles essentielles ou fixes, des dissolutions gommeuses, etc. Lorsque les cellules ne renferment pas de matières liquides, leur vie est regardée comme éteinte ou au moins suspendue.

Les matières solides contenues dans les cellules sont très nombreuses. En premier lieu vient le *nucleus* ou *noyau*. C'est un corps lenticulaire le plus souvent appliqué sur la paroi cellulaire, *b* fig. 158. On le dirait souvent composé d'une masse de petits globules agglomérés ensemble. Il joue un rôle important dans la multiplication des cellules.

Chlorophylle.—C'est la matière verte des plantes. On la rencontre à l'état amorphe ou sous forme de petits grains, fig. 161. Dans une plante toute jeune



Fig. 161.

la chlorophylle n'existe pas. Les cellules se gorgent d'abord de *xanthophylle*, matière colorante jaune et plus tard apparaît la chlorophylle proprement dite, lorsque les rayons du soleil agissent directement sur les tissus de la plante. La nécessité de l'action directe des rayons solaires pour provoquer le développement de la chlorophylle explique pourquoi on *blanchit* les plantes en les faisant pousser à l'abri de la lumière.

Fig. 161.—*a* Cellules à chlorophylle prises dans la feuille du mil ; *b* cellule plus agrandie pour montrer la disposition des grains de chlorophylle ; *c* cellules sous-épidermiques de la feuille du pissenlit.

La chlorophylle est soluble dans l'alcool. Des feuilles plongées dans ce liquide se décolorent et l'alcool prend une belle teinte verte. Pour conserver ces dissolutions il faut les mettre à l'abri de la lumière. La chlorophylle donne un spectre d'absorption très sensible et très caractéristique.

La chlorophylle est moins fixe que la xanthophylle. Aussi les feuilles se colorent-elles en un jaune plus ou moins vif au moment où elles meurent. De même les plantes des herbiers prennent une teinte analogue pendant le desséchement, surtout si l'opération a été faite sans précaution.

Amidon.—On le rencontre sous forme de corpuscules incolores, le plus souvent arrondis avec des dimensions et des formes qui varient d'une plante à l'autre, fig. 162. Chaque grain d'amidon présente sur



Fig. 162.

sa surface un point ou une ligne obscure qu'on appelle le *hile*. Ce hile correspond à une solution de continuité dans la membrane amilacée, et c'est par là que se forme en dedans et en dehors du petit

---

Fig. 162.—Grains d'amidon. *a* Amidon de pomme de terre *b* cellule remplie de grains d'amidon et d'aleuronne ; *c* amidon de maïs ; *d* amidon de fève.

grain primitif la série des couches successives qui existent toujours dans un grain d'amidon parfait.

L'amidon se rencontre dans presque toutes les parties des végétaux, dans les racines, les tubercules, les tiges, les feuilles et les fruits. Son rôle le plus important est de constituer comme des réservoirs de provisions, où les plantes peuvent dans certains cas puiser leur nourriture.

La forme et les dimensions des grains varient d'une plante à l'autre, mais elles sont à peu près invariables pour une même plante. Il est donc facile de distinguer les amidons de diverses provenances qu'on aurait mélangés ensemble.

L'inuline et l'aleurone sont des substances qui ont beaucoup d'analogie avec l'amidon, mais qui se trouvent en grains plus petits et qui ont des caractères chimiques particuliers, *b* fig. 162.



Cristaux.—Les cristaux résultent de la solidification des sels que renferment les plantes ; ces sels, les plantes les produisent en combinant les acides organiques qu'elles renferment avec les substances basiques qu'elles puisent dans le sol. Grâce à la tranquillité absolue du milieu, les dissolutions salines prennent des formes cristallines très régulières. Ces formes sont quelquefois déterminables cristallographiquement, mais souvent cela est impossible. Tel est le cas entre autres pour les *raphides*, masses de cristaux aciculaires entassés parallèlement les uns aux autres dans une cellule, et qui sont d'une ténuité extrême.

La présence des cristaux dans une cellule indique

que la vie en est disparue ou est sur le point de s'éteindre.

Parmi les autres matières solides des cellules, nous mentionnerons le gluten qui se trouve dans les cellules des céréales et qui donne du liant aux pâtes que l'on fait avec leurs farines.

Multiplication des cellules.—Ce phénomène ne se produit que dans les tissus, jeunes, pleins de vie, et dans lesquels le protoplasma existe avec toutes ses propriétés caractéristiques. La multiplication peut se produire de deux manières : par division et par cloisonnement. Ces deux expressions se rapportent à la partition du protoplasma qui est la partie importante des cellules.

1° Par *division.*—On voit quelquefois toute la masse protoplasmique se concentrer en un globule arrondi, puis ce globule s'étrangle et au bout de quelques minutes, il se sépare en deux masses distinctes qui se dédoubleront à leur tour lorsque la nutrition leur aura rendu leur dimension primitive. Ailleurs le noyau, primitivement unique, se sépare en deux ou plusieurs noyaux secondaires. Chacun de ceux-ci s'entourent d'une certaine quantité de protoplasma aux dépens de la masse primitive. Puis une membrane de cellulose se forme autour de chacune de ces agglomérations et les cellules sont complètes. Cette multiplication ne se produit guère que dans les organes de fructification des plantes inférieures.

2° Par *cloisonnement.*—Dans la masse du protoplasma on voit apparaître une ou plusieurs rangées

de petits granules qui finissent bientôt par atteindre les parois diamètralement opposées de la cellule mère. A un moment donné ils disparaissent comme granules et se fusionnent en une membrane continue qui forme une cloison complète. La cellule primitive est alors résolue en deux ou plusieurs jeunes cellules qui, plus tard, se cloisonneront à leur tour. On rencontre d'innombrables exemples de ce mode de multiplication, dans le dévelopement de l'embryon, dans les tiges, les feuilles et les racines.

La multiplication des cellules se fait quelquefois avec une rapidité prodigieuse. Il est certain fruit où le nombre des cellules doit augmenter de plusieurs millions par heure.

Le tissu cellulaire constitue toutes les parties molles des plantes. On lui donne souvent le nom de *parenchyme.* Cependant, il peut prendre une consistance très dure, lorsque les cellules sont fortement incrustées.

CHAPITRE DEUXIEME.

Tissu fibreux.

La *fibre* est une cellule allongée, fig. 163.

Formes et dureté.—Les fibres sont toujours terminées en pointe à leur deux extrémités. Leurs parois présentent des ponctuations analogues à celles des

cellules et dues à la même cause, à l'incrustation. Celle-ci est généralement plus complète que dans la plupart des cellules, aussi le tissu fibreux est-il beaucoup plus tenace que le tissu cellulaire. Les fibres doivent donc être d'autant plus dures que leurs parois sont plus épaisses. C'est ce que l'on remarque dans tous les bois, qui sont exclusivement constitués par des fibres à travers lesquelles nagent quelques vaisseaux. Les bois durs ont des fibres plus incrustées que les bois mous. Le bois du printemps se formant plus vite que le bois de l'automne est moins incrusté. Les essences forestières qui croissent dans un sol dur et sec donnent un bois plus dur que celles qui croissent dans des terrains bas et humides, à cause de la différence dans la vitesse de croissance et par suite dans l'incrustation des fibres. On peut même changer dans une certaine mesure la tenacité du bois à l'aide d'une transplantation judicieuse.



Fig. 163.

Les fibres adhèrent faiblement les unes aux autres dans le sens latéral, mais la cohésion mutuelle de leurs extrémités est très grande. Aussi est-il plus facile de fendre une tige de bois que de la rompre.

Rôle des fibres dans les végétaux.—Le tissu fibreux est très répandu dans les plantes. Il constitue à peu près à lui seul le système ligneux des tiges des

---

Fig. 163.—*a* Fibres ligueuses ponctuées ; *b* section transversale de l'une d'elles montrant les couches d'incrustation.

arbres. On le trouve encore dans les racines, les nervures des feuilles, les filaments des fruits et, en général, dans tous les endroits où circulent des vaisseaux. Les fibres servent à donner de la consistance aux tiges et aux rameaux ; elles sont en même temps un support nécessaire pour les vaisseaux qui sont trop longs et trop grêles pour se soutenir par eux-mêmes.

Utilité des fibres végétales dans l'économie domestique.—Ce sont elles qui fournissent toutes les matières textiles végétales. Dans le lin, la fibre utilisée provient de la partie extérieure de la tige. Le rouissage a pour effet de décomposer la matière résineuse qui cimente ce tissu et de faciliter ainsi la séparation des fibres par le broyage. C'est aussi l'écorce des tiges de chanvre qui fournit la fibre textile de cette plante. On extrait encore des fibres utilisées dans l'industrie de diverses espèces d'ortie, du *Phormium tenax* ou lin de la Nouvelle-Zélande, de la ramié, etc. L'écorce du bois blanc et du chêne rouge fournit une fibre grossière utilisée pour la fabrication des cordages. Le coton provient d'une masse fibreuse qui entoure les graines du cotonnier.

Fibres ponctuées aréolées.—Certains végétaux ligneux ont des tiges absolument privées de vaisseaux. Alors leurs fibres présentent de place en place des ponctuations très remarquables et qu'on ne rencontre jamais chez les autres végétaux. Le point central est entouré d'un aréole plus pâle que le reste de la fibre, mais plus foncée que la ponctuation proprement dite, fig. 164. Une section faite transversa-



Fig. 164.

lement à ces ponctuations révèle la structure remarquable que présente la paroi fibreuse en ces endroits ainsi que sa ténuité. Ces ponctuations servent à faire passer les sucs nutritifs d'une fibre à l'autre et jouent ainsi, dans une certaine limite, le rôle des vaisseaux. Les bois résineux (conifères) ont tous de ces fibres ponctuées aréolées. Les bois fossiles qui appartiennent au même groupe de plantes, ont également les mêmes ponctuations.

CHAPITRE TROISIEME.

Tissu vasculaire.

Les *vaisseaux* sont des tubes allongés, simples ou ramifiés, à parois généralement minces. Ils dépassent les fibres en longueur mais ne s'incrustent jamais comme elles.

On en distingue plusieurs espèces, d'après la structure de leurs parois.

Fig. 164.—Fibres ponctuées aréolées du pin ; *m* passage d'un rayon médullaire.

Vaisseaux laticifères.—Ce sont des vaisseaux ramifiés, anastomosés entre eux et formant un véritable réseau de tubes, fig. 165, dans lesquels circule un suc spécial appelé latex. Ils sont, dans le jeune âge, extrêmement petits. Pendant que les autres vaisseaux originent de cellules qui se soudent par les bouts et dont les cloisons intermédiaires disparaissent, les vaisseaux laticifères ne se forment pas aux dépens de cellules modifiées. Leur origine toutefois est assez obscure. Contrairement aux autres vaisseaux, leur paroi n'est jamais couverte de ponctuations, mais il lui arrive quelquefois de s'épaissir, jusqu'à boucher complètement le tube.



Fig 165.

Le latex est un liquide le plus souvent coloré. Il est blanc dans le pissenlit et le réveille-matin (euphorbe), jaune dans la chélidoine et rouge dans la sanguinaire. Sa constitution physique rappelle celle du sang des animaux supérieurs. Il renferme souvent les principes actifs des plantes. C'est lui qui dans le pavot contient le citrate et le méconate de morphine. Dans le cotonnier (*Asclepias Cornuti*), il renferme une substance analogue au caoutchouc.

Les vaisseaux laticifères se rencontrent surtout dans la partie intérieure de l'écorce et dans les nervures des feuilles.

Fig. 165.—Réseau laticifère de la chélidoine.

Trachées.—La structure de ces vaisseaux est très remarquable. Leur paroi est d'une ténuité extrême, et elle est soutenue par un ou plusieurs fils enroulés en spirale à l'intérieur du vaisseau et soudés intimement avec elle. Si on rompt une trachée dans le champ du microscope, on voit très bien une spirale qui se déroule et unit les deux fragments l'un à l'autre, fig. 166. Les trachées se terminent en pointe à leurs deux extrémités.

On les trouve surtout dans les nervures des feuilles dans la couche de bois la plus intérieure des tiges, celle qui entoure immédiatement la moelle.



Fig. 166.



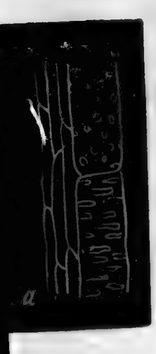
Fig. 167.

Les autres vaisseaux sont désignés généralement sous le nom de *vaisseaux ordinaires*. Ce sont les plus volumineux de tous les organes élémentaires

---

Fig. 166.—Trachées rompues pour montrer le déroulement de la spirale intérieure.

Fig. 167.—*a* Vaisseaux ponctués et fibres ligneuses ; *b* vaisseau annulaire et mixte ; *c* vaisseaux rayés moniliformes ; *d* vaisseau scalariforme.



des plantes. On peut souvent les voir à l'œil nu. On leur donne différents noms suivant leur apparence et la nature des ponctuations qui recouvrent leurs parois. Chez les vaisseaux *ponctués*, *rayés* et *réticulés*, *a* et *b* fig. 167, ces ponctuations sont des points, des lignes transversales ou de véritables réseaux. Les vaisseaux *annulaires* ont des espèces de cercles placés à leur intérieur pour soutenir leur parois. Les vaisseaux *mixtes* présentent successivement ces modifications en différents points de leur longueur. Les vaisseaux *moniliformes*, *c* fig. 168, laissent voir encore chacune des grosses cellules qui leur ont donné origine ; ils rappellent l'apparence des grains de chapelet. Enfin on trouve dans les fougères des vaisseaux *scalariformes*, *d* fig. 167, qui doivent leur nom à l'analogie que présentent leurs ponctuations avec les barreaux d'une échelle. Ce sont des vaisseaux polyédriques, et leur parois latérales sont sillonnées par des lignes transversales disposées avec une grande régularité.

Rôle des vaisseaux dans la végétation.—L'unique rôle des vaisseaux est de faciliter la circulation des liquides et des gaz à l'intérieur de la plante. Dans les végétaux supérieurs, ils constituent comme un réseau de tubes nombreux et continus, qui commencent avec la racine la plus profonde et se terminent à l'extrémité de la plus haute feuille. Le printemps, ils servent de canaux à la sève, durant l'été et l'automne, un bon nombre ne renferment plus que des gaz.

CHAPITRE QUATRIEME.

Epiderme.

L'épiderme est un organe qui recouvre toutes les parties des végétaux, excepté chez certaines plantes inférieures. Il joue le même rôle que la peau chez les animaux et sert par conséquent à protéger les tissus intérieurs du contact de l'air. Sa structure varie en rapport avec la structure des plantes, le plus parfait se trouvant toujours sur les plantes qui occupent un rang plus élevé dans le règne végétal.

Un épiderme complet renferme trois parties : 1° La *cuticule*, pellicule très mince et sans organisation apparente, qui recouvre complètement l'extérieur du derme. La cuticule constitue à elle seule l'épiderme des plantes submergées. 2° Le *derme*, composé d'une ou de plusieurs rangées de cellules aplaties, fortement liées les unes aux autres et qu'on peut enlever par grandes plaques sans les séparer. La forme des cellules dermiques varie beaucoup, *a*, *b*, *c*, fig. 168. Elles présenteront chez une plante un véritable type de parfaite régularité et chez une autre elles seront extrêmement irrégulières. Ces cellules sont généralement remplies de gaz et ne renferment pas de protoplasma. Leurs membranes, toutes imprégnées de silice dans plusieurs végétaux, contribuent à donner de la rigidité aux différents organes qu'elles recouvrent. 3° Les *stomates* petites bouches placées dans l'épaisseur du derme

et s'ouvrant par une fente ovale, *s* fig. 168. Les deux cellules en forme de croissant qui bordent le stomate font généralement saillie au dehors. Les

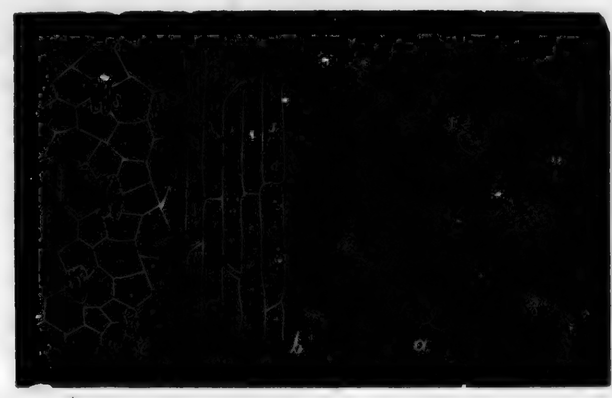


Fig. 168.

stomates communiquent avec les méats du parenchyme sous-jacent et servent ainsi à faciliter l'entrée ou la sortie des gaz dans les parties des plantes où on les rencontre. Il est donc important de les maintenir constamment libres. Voilà pourquoi il faut *bassiner* les plantes, les arroser en versant l'eau sur les feuilles, afin de laver les stomates qui finiraient par être obstrués par les grains de poussière.

Ce sont en général les parties vertes, feuilles, rameaux ou tiges, qui en sont pourvues, mais il est rare que les feuilles en renferment un nombre égal sur chacune de leurs faces. La face inférieure en

---

Fig. 168.—Lames de cellules dermiques avec les stomates *s* ; *a* derme du pissenlit ; *b* derme du mil avec incrustations siliceuses ; *c* derme à cellules polygonales irrégulières.

contient généralement beaucoup plus, et l'on croit devoir attribuer à cette cause la teinte plus pâle du revers des feuilles. Les stomates sont d'une excessive ténuité. Une surface d'un pouce carré de feuille d'œillet en renferme 38,500 ; dans un pouce carré pris sur le revers d'une feuille de lilas, on en a compté 160,000.

C'est le dédoublement des cellules dermiques qui produit les stomates. Il est donc naturel de les trouver dans des positions spéciales qui dépendent de l'agencement de ces cellules.

Ces milliers de petites bouches s'ouvrent le jour, lorsque la plante reçoit les rayons du soleil et se ferment la nuit et pendant les mauvais temps.

Les *lenticelles* sont des taches grisâtres que l'on aperçoit sur l'écorce des rameaux et des tiges de certains arbres. On est porté à les regarder comme résultant du déchirement des stomates, phénomène qui met à nu les tissus intérieurs. Les lenticelles sont très visibles sur l'écorce des bouleaux, des merisiers et des cerisiers.

Rôle de l'épiderme.—Nous l'avons déjà indiqué : c'est de protéger les tissus vivants et gorgés de sucs du contact de l'air. Son enlèvement devrait donc avoir des conséquences désastreuses pour la vie des plantes. Mais heureusement qu'il se regénère comme la peau chez les animaux. Toutefois si on l'enlève en lames trop grandes, il peut n'être plus capable de recouvrir la blessure à temps, la décomposition se déclarera et le végétal finira par mourir. Il faut donc éviter avec soin toute cause capable d'enlever ou de briser l'épiderme. C'est pour cette raison qu'on ne

doit jamais mettre des bestiaux dans un bocage que l'on tient à conserver. Ces animaux grugent l'écorce et font ainsi mourir les arbres.

ORGANES APPENDICULAIRES DE L'ÉPIDERME.—*Glandes.*—Ce sont des cellules ou des masses de cellules placées à la surface du derme ou perdues dans son épaisseur, qui secrètent certains principes particuliers. Ces cellules sont généralement très petites.

Poils.—On donne ce nom à des filaments qui sont composés soit d'une seule cellule dermique faisant saillie au dehors, soit de deux ou de plusieurs cellules accolées bout à bout. La forme, la consistance, le nombre des poils varient à l'infini. Les plantes qui n'en ont aucun sont dites *glabres.* On donne aux autres les qualificatifs de *poilues*, *soyeuses*, *cotonneuses*, *hérissées*, *pubescentes*, *velues*, *laineuses*, etc., suivant la nature des villosités qui les recouvrent.

LIVRE DEUXIÈME.

ORGANOGRAPHIE.

On peut ranger les différents organes des plantes en une double série : ceux qui servent à la nutrition et ceux qui concourent à la fructification ou à la reproduction. Nous commencerons par l'étude des premiers. Ce sont les *racines*, les *tiges* et les *feuilles*.

La distinction à faire entre la racine et la tige est très facile à établir si on examine la plante dans les premiers jours de sa germination. Un haricot mis dans le sol laisse bientôt échapper de son enveloppe deux parties différentes d'aspect qui prennent chacune une direction opposée. L'une, chargée de deux disques verdâtres, s'élève à la surface du sol : c'est la tige avec ses premières feuilles et son premier bourgeon. L'autre se dirige vers l'intérieur du sol : c'est la racine. On nomme souvent *collet* la ligne qui marque la réunion de la tige et de la racine. Elle sert de point d'attache aux feuilles radicales. Cependant cette ligne est souvent très obscure et il est presque impossible de la localiser d'une manière précise.

Avant d'étudier chacun de ces organes en détail il est important de connaître les trois grandes divisions du règne végétal.

Le haricot, avons-nous dit, projette à la surface du sol deux masses vertes qui sont ses premières feuilles. Ces masses préexistent dans la graine ; on leur donne le nom de cotylédons. Un très grand nombre de plantes ont, comme le haricot, des graines pourvues de deux cotylédons. De là un premier groupe formé par les plantes *dicotylédonées*. D'autres graines n'ont qu'un seul cotylédon, elles produisent les plantes *monocotylédonées*. Enfin quelques graines ne se composent que d'un amas de cellules sans organisation spéciale ; quelquefois même une seule cellule forme une graine complète. Elles appartiennent à une troisième division, et les plantes qui en sortent sont *acotylédonées*.

Les différences entre ces trois groupes n'existent pas seulement dans les graines. Nous les trouverons pour ainsi dire à chaque pas dans l'étude de l'organographie et de la physiologie végétale.

CHAPITRE PREMIER.

Racine.

La racine est l'organe qui est spécialement chargé de puiser dans le sol les substances nécessaires à la

nutrition de la plante. Ce sont surtout les liquides que les racines absorbent ainsi dans le sol. Cependant une certaine quantité de gaz pénètrent dans la plante par ce chemin.

Principales espèces.—On distingue plusieurs espèces de racines suivant leur forme et leur origine.

Les racines *pivotantes* sont des espèces de cônes simples ou rameux qui s'enfoncent dans le sol. Dans la rave le pivot est simple, il est rameux dans l'érable, fig. 169. Le pivot résulte du développement de la première racine de l'embryon.



Fig. 169.

La racine *fibreuse* se compose d'un nombre plus ou moins grand de filets cylindriques réguliers. C'est la racine de l'oignon et du poireau, *a* fig. 170.

La racine est *capillaire* lorsque les filets radicaux vont en se rétrécissant vers leur extrémité inférieure, et sont de plus profondément ramifiés. C'est la racine du blé, de l'avoine et, en général, de toutes les graminées, *b* fig. 170.

La racine *tubériforme* est primitivement semblable à la racine fibreuse. Mais quelques-unes des fibres radicales se gonflent en masses allongées ressemblant

Fig. 169.—Racines pivotantes, *a* simple, *b* rameuse.

assez à de véritables tubercules, *c* fig. 170. Voilà pourquoi on dit que cette racine est tubériforme.



Fig. 170.

Le dahlia, plusieurs espèces d'orchis, ont de ces racines.

Enfin certaines plantes jouissent de la propriété de produire des racines le long de leurs troncs ou de leurs rameaux. Ces racines sont appelées *adventives.* C'est dans les climats tropicaux surtout, là où la végétation est extrêmement active, que vivent la plupart de ces plantes à racines adventives. Les unes sont des lianes qui, dans leur course à travers les forêts, laissent, en passant d'un arbre à l'autre, pendre leurs racines dans l'espace. Les autres, comme le *ficus religiosa*, sont des arbres beaucoup plus robustes, des branches desquels s'échappent des racines qui finissent par atteindre le sol et y forment de véritables troncs concourant ensuite pour

---

Fig. 170.—*a* Racine fibreuse du poireau ; *b* racine capillaire ; *c* racine tubériforme d'une orchis.

leur part à la nutrition générale. Un seul de ces arbres s'étend ainsi peu à peu et finit par constituer pour son propre compte une forêt en miniature.

Les plantes grimpantes, comme le lierre, émettent de place en place des racines appelées *crampons* ou *suçoirs* qui se fixent sur les corps voisins et servent en même temps à puiser les substances assimilables qu'elles peuvent y rencontrer.

Le corps radical porte toujours un nombre plus ou moins considérable de racines plus déliées, appelées *radicelles*, tout spécialement chargées de puiser dans le sol les substances nutritives qu'il renferme. L'ensemble de ces radicelles constitue ce qu'on appelle le *chevelu* des racines. Le chevelu est peu développé dans un sol riche ; les racines, en effet, trouvent abondamment les sucs dont la plante a besoin, et un petit nombre suffisent pour la nourrir. Il l'est beaucoup plus chez les plantes qui végètent dans une terre maigre et pauvre.

STRUCTURE ANATOMIQUE DES RACINES.—L'extrémité des radicelles est occupée par une masse cellulaire à laquelle on a donné le nom de *spongiole*. A elle est dévolu le rôle d'absorber dans le sol, par endosmose, les liquides qui s'y rencontrent.

La spongiole est recouverte à sa partie inférieure par une ou plusieurs lames également cellulaires et qui constituent la *coiffe* de la racine, fig. 171. Le rôle de cette membrane est de protéger la spongiole proprement dite qui est la partie la plus importante et la plus délicate des racines.

Au-dessus de la spongiole commencent des faisceaux vasculaires qui suivent tout le corps de la racine et pénètrent dans la tige. Le corps de la racine dans les plantes dicotylédonées n'est pas recouvert par une lame d'écorce comme le bois. Si, par hasard, on en trouve des vestiges, ce n'est qu'à l'état rudimentaire. Le bois est composé de fibres et des faisceaux vasculaires dont nous avons parlé plus haut, qui sont groupés en une colonne centrale. Ces racines s'accroissent tous les ans d'une manière analogue aux tiges, mais elles ne se ramifient pas suivant des lois parfaitement connues comme les tiges. Chez les plantes monocotylédonées, les faisceaux vasculaires des racines sont également disposés en une zône circulaire, ce qui les différencie complètement de la structure des tiges ligneuses de ces mêmes plantes.



Fig. 171.

RÔLE DES RACINES—La fonction des racines est double. Elles servent à la fois à nourrir la plante et à la fixer au sol. 1° Les racines puisent dans le sol tous les aliments liquides que l'on trouve dans les plantes. Cette absorption se fait par les spongioles. Et comme ces organes sont complètement

---

Fig. 171.—*b* Spongiole recouverte de la coiffe; *a* structure cellulaire de la spongiole.

clos, les liquides ne peuvent y pénétrer que par endosmose. C'est-à-dire que les substances solides, quelque ténues qu'elles soient, ne pénètrent jamais dans une racine saine. Mais en revanche, tous les liquides sont absorbés suivant une proportion qui dépend de leur fluidité par rapport au liquide cellulaire. Les racines absorbent aussi beaucoup de gaz, et les plantes qui végètent dans un sol bien aéré se développent mieux que celles qui poussent dans un sol trop lourd. De là la double utilité du drainage, *égouter* et *aérer* le sol.

Ce premier rôle des racines rend compte du fait que ces organes se dirigent toujours du côté où le sol est le plus riche. Un arbre planté sur la ligne de séparation d'un sol riche et d'un sol pauvre, enverra ses racines presque exclusivement du côté du premier.

En rapport avec ce rôle d'agents nourriciers joué par les racines, on doit mentionner les véritables réservoirs d'aliments féculacés que renferment quelques-unes d'entre elles, les racines tubériformes entre autres. C'est là que la plante puise les sucs qui la font végéter avec activité le printemps, avant même que les racines qui devront la nourrir plus tard aient fait leur apparition. Aussi ces espèces de tubercules ne tardent-ils pas à se dessécher à mesure que la plante en enlève les substances amilacées qu'ils renfermaient.

2° Les racines servent encore à fixer la plante au sol. Voilà, pourquoi, en règle générale, on trouve un rapport d'égalité de dimension entre les bran-

ches des arbres et leurs racines. Voilà de plus ce qui explique pourquoi les arbres qui poussent en pleine forêt et qui se trouvent protégés contre les vents par leurs voisins, ont des racines moins développées que ceux qui poussent isolés dans les plaines ou sur les collines.

Cependant cette règle offre plusieurs exceptions. Il y a des plantes à tiges très courtes dont les racines sont très longues ; la luzerne, par exemple. D'autres, comme quelques cactus, ont des racines rudimentaires qui servent cependant de support à des tiges de grande dimension.

CHAPITRE DEUXIEME.

Souche.

La *souche* est une véritable tige, mais laquelle, restant toujours sous terre, tient pour ainsi dire le milieu entre la racine véritable et la tige.

Pivot.—Plusieurs botanistes regardent la racine pivotante de la carotte et des autres ombellifères comme étant une véritable souche qu'ils désignent sous le nom de pivot. C'est la propriété qu'ont ces pivots de verdir lorsqu'ils sont exposés à la lumière, qui les fait ranger parmi les souches plutôt que parmi les racines proprement dites.

Rhizôme.—Ce sont des souches qui se développent horizontalement à une faible distance de la surface du sol. Mais à mesure qu'elles s'allongent ainsi la partie ancienne se flétrit et disparaît, *b* fig. 172. Le



Fig. 172.

sceau de Salomon et une foule d'autre plantes vivaces ont des rhizômes. Le rhizôme de la sanguinaire canadienne est particulièrement remarquable à cause du latex rouge sang qui s'en échappe lorsqu'on le coupe.

Tubercules.—Certaines souches longues et grèles présentent de place en place des renflements remplis d'amidon et appelés tubercules, *a* fig. 172. Quelle que soit l'analogie qu'elles présentent avec les racines tubériformes, elles s'en distinguent nettement par la présence d'yeux à leur surface. Ces yeux sont tout simplement des bourgeons latents, et quand arrive le

---

Fig. 172.—*a* Tubercule ; *b* rhizôme du sceau-de-Salomon.

printemps, s'ils rencontrent de l'air et de la chaleur, ils se développent aux dépens de la fécule du tubercule. La pomme de terre est de toutes les plantes à tubercules, celle qui est la mieux connue.

Bouturage et marcottage. Avant de quitter le chapitre des racines nous devons dire un mot du bouturage et du marcottage, deux opérations qui ont pour but de faire produire des racines à un rameau qui n'en a pas.

Dans le bouturage, on commence par séparer complètement la *bouture* de l'individu qui l'a produite, et par des soins convenables on lui fait pousser les organes qui lui manquent. Dans les cas les plus ordinaires, ce sont les racines qui n'existent pas et qui se développent. Ce sont donc des racines adventives dont on provoque la naissance sur la bouture.

Les précautions à prendre pour assurer la réussite de la bouture reviennent à la conserver dans le meilleur état de vie possible jusqu'à l'apparition des racines. Comme ce phénomène est quelquefois lent à se produire, il faut que la plante puisse dans l'intervalle absorber facilement la nourriture qui lui est nécessaire. Aussi pour l'empêcher de se dessécher maintient-on constamment humide le sol où elle a été enfoncée. De plus, il faut lui enlever toutes ses feuilles, sauf deux ou trois, et la recouvrir d'une cloche opaque qui diminue la transpiration. Pour hâter le développement des racines, il est encore convenable de choisir un sol tiède et de faire les boutures sur couches avec chassis. Et comme les

racines adventives se développent surtout aux points d'insertion des feuilles, on en enfonce deux ou trois dans la terre.

Quelques arbres, comme les saules, se bouturent avec une grande facilité. Pour d'autres l'opération est beaucoup plus difficile. Alors on a recours au *marcottage.*

Cette opération consiste à entourer avec de la terre humide une portion du rameau que l'on laisse attaché au tronc, soit que l'on couche la branche en terre ou qu'on l'entoure d'une enveloppe quelconque remplie de terre. Les racines adventives se produisent, la croissance devient bientôt plus rapide, et l'on peut séparer alors la branche de l'arbre.

Le mode de reproduction usité pour la pomme de terre n'est en réalité qu'un bouturage.

CHAPITRE TROISIEME.

Tige.

La tige est cette partie du végétal qui s'élève au-dessus du sol et porte les feuilles et les fleurs.

Quelques-unes d'entre elles ne produisent que des fleurs ; on les appelle plus spécialement *hampes.* Cependant les hampes ne sont pas des tiges véritable ; elles ont plutôt le caractère des pédoncules ou supports de la fleur,

La tige existe dans tous les végétaux vasculaires. C'est donc improprement que quelques-uns sont dits *acaules* ou sans tiges. La tige y est trop courte pour être facilement remarquée, mais elle existe toujours.

La tige revêt une foule de formes différentes. Trois d'entre elles sont assez constantes pour avoir reçu des noms. Ce sont : le *chaume*, tige ligneuse ou herbacée, fistuleuse ou pleine, avec nœuds. Ceux-ci servent toujours de points d'attache à des feuilles engaînantes (maïs). Le *stipe*, rarement ramifié, cylindrique, terminé à son sommet par une touffe de feuilles (palmier). Le *tronc*, tige ligneuse, conique, ramifiée, ayant une écorce parfaitement distincte et séparable ; c'est la tige de nos essences forestières.

Relativement à la consistance, on partage les tiges en *herbacées*, *ligneuses* et *semi-ligneuses* ou *frutiqueuses*. Telles sont les tiges des herbes, des arbres et des arbrisseaux comme le rosier et le framboisier.

Les directions qu'elles affectent les font encore partager en tiges *sarmenteuses*, celles qui se soutiennent sur les corps voisins par la torsion ou à l'aide de vrilles. La torsion, déterminée par une croissance inégale des deux côtés de la tige, se fait à peu près toujours dans le même sens pour une même espèce de plantes. La plupart de ces tiges s'enroulent de gauche à droite, elles sont *dextrorsum volubiles* (haricot), quelques-unes cependant sont *sinistrorsum volubiles* (houblon). Les tiges *grimpantes* se fixent sur les corps voisins à l'aide de crampons (lierre). Les crampons du lierre sont des racines adventives. Au moment où elles touchent le support, elles secrè-

tent une espèce de gomme qui se durcit et fixe solidement la tige. Les tiges qui courent à la surface du sol et émettent latéralement des rameaux de distance en distance, sont dites *stolonifères*.

STRUCTURE GÉNÉRALE DES TIGES.—Les plus importantes à étudier à ce point de vue sont les tiges ligneuses dicotylédonées, monocotylédonées et acotylédonées.

Structure des tiges dicotylédonées ligneuses. — Une coupe transversale laisse voir, en dehors, une enveloppe brune, spongieuse qui est l'écorce ; en dedans, une double formation ligneuse constituée par un ensemble de couches concentriques plus ou moins nombreuses ; la zône intérieure est plus foncée, plus dure que l'extérieure. Enfin, tout à fait au centre, dans les jeunes tiges, se trouve un tissu cellulaire

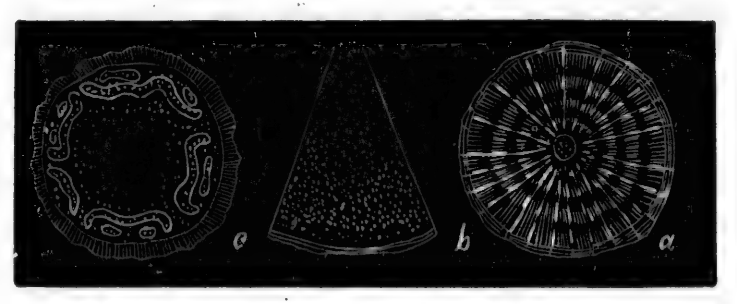


Fig. 173.

très lâche qui est la moelle, *a* fig. 173. Nous allons étudier rapidement chacun de ces tissus.

Fig. 173.—Sections transversales des trois espèces de tiges ligneuses ; *a* tige dicotylédonée de quatre ans ; *b* portion de tige monocotylédonée ; *c* tige acotylédonée.



Ecorce.—Une écorce parfaite renferme cinq parties.

1° L'*Epiderme* qui n'offre rien de particulier et ne se trouve que sur les jeunes tiges.

2° Le *suber* ou le *liège.*—Couche composée de cellules brunes, sans granulations et assez intimement unies entre elles. La consistance du suber varie d'une plante à l'autre. Il s'effeuille en lamelles très minces dans le bouleau, vu qu'il résulte de la superposition de lames de cellules différentes de volume et de consistance. Il forme une masse homogène et dure dans le hêtre et le sapin. Quelquefois il a l'apparence de grandes plaques qui se détachent facilement (pin et épinette). Alors on l'appelle plus spécialement *écorce sèche.*

C'est le suber qui prend un grand développement dans le chêne-liège et fournit le liège du commerce. Un même individu peut donner une dizaine de récoltes qui se font une fois tous les huit ans. Les dernières levées donnent un produit bien supérieur aux premières.

3° Le *mésoderme.*—Il est formé de cellules allongées et à parois épaisses. Il se distingue difficilement du suber.

4° La *couche herbacée,* ainsi appelée, parce que les cellules qui la composent renferment de la chlorophylle. Elle n'existe pas dans les vieilles tiges.

5° Le *liber.*—C'est la partie fibreuse de l'écorce. Elle est tout à fait à l'intérieur et joue un rôle très important dans la végétation. Anatomiquement le liber résulte de feuillets tubuleux, superposés les uns aux autres. On peut quelquefois les isoler par une

macération prolongée. Alors ces feuillets de liber se séparent absolument comme ceux d'un livre. Chacun d'eux résultent de fibres accolées latéralement. Si celles-ci se touchent dans toute leur longueur, les feuillets sont continus ; si elles ne sont soudées les unes aux autres que de place en place, ces feuillets de liber ressemblent à une fine dentelle, souvent d'une régularité remarquable (*laghetto lintearia*).

Le liber exposé à l'air se détruit le plus souvent. Et comme il est absolument nécessaire à la végétation, il faut prendre grand soin de préserver cette partie des tiges du contact de l'air.

A part le liège dont nous avons parlé plus haut, les écorces fournissent encore à l'industrie et à la médecine une foule de produits très précieux. Mentionnons entre autres l'acide tannique employé pour le tannage. L'écorce de pruche qui est à peu près la seule en usage au Canada, renferme de 10 à 12 pour cent d'acide tannique lorsqu'elle est fraîche. Les écorces de merisier, de chêne, de sumac, de bouleau, renferment le même acide, mais en moindre quantité.

Bois.—Une section longitudinale d'une tige dicotylédonée ligneuse laisse voir une série de cônes très aigus, le plus souvent ramifiés, emboités les uns dans les autres. On remarque de plus que, pris dans son ensemble, la formation ligneuse est en général, plus dure et plus foncée au centre qu'à la périphérie. De là la distinction que l'on fait entre le *duramen* ou *cœur du bois* et l'*aubier*.

La différence de dureté que présentent ces deux

zônes provient de plusieurs causes. Les couches de l'aubier sont toujours plus jeunes que les couches du duramen. Elles servent de passage à la sève ascendante; aussi se gorgent-elles chaque année de principes nutritifs destinés à enrichir la sève du printemps. Les fibres du duramen sont plus complètement incrustées, elles prennent donc une coloration plus foncée et acquièrent une dureté plus grande. De plus, il n'est pas rare que certains principes colorants les baignent complètement et modifient leur teinte encore davantage.

Dans les bois blancs, tilleul, bouleau, pin, la distinction apparente entre l'aubier et le duramen est à peu près inappréciable, cependant elle existe toujours, et les larves d'insectes qui attaquent les bois s'y logent de préférence, vû que c'est là surtout qu'elles rencontrent la nourriture qu'elles recherchent.

Chaque année se forme une couche d'aubier entre le bois et l'écorce, et, en même temps, la plus ancienne couche d'aubier se change en duramen. Cependant l'époque à laquelle commence cette transformation de l'aubier varie avec les différentes espèces. Après quarante ans, le bois du frêne est encore à l'état d'aubier, celui du hêtre se transforme en duramen après trente-cinq ans, celui du chêne après quinze ou vingt ans.

La masse du bois se compose de fibres et de vaisseaux. Cependant on y trouve aussi des agglomérations de cellules disposées toujours avec une régularité remarquable et qui doivent à leur orientation et

à leur rôle physiologique le nom de *rayons médullaires*. Ce sont des lames celluleuses, minces, étroites et allongées, qui s'insinuent entre les faisceaux fibreux et se dirigent de la moelle vers l'écorce, fig. 174. Elles servent à faire communiquer tranversalement les différentes parties de la tige. Dans une section longitudinale, ces lames celluleuses ont l'apparence de plaques nacrées, à dimensions variables. Ce sont elles qui contribuent souvent pour une large part à donner aux différents bois employés dans l'ébénisterie leurs apparences caractéristiques. Dans le chêne, les rayons médullaires sont très larges, ils sont très étroits dans l'érable et le hêtre.

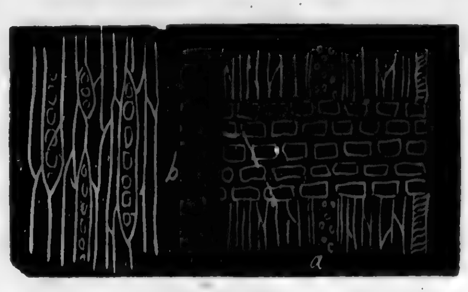


Fig. 174.

Moelle.—Cylindre cellulaire placé dans l'axe de la tige. La moelle est renfermée dans un tube appelé *étui médullaire* qui n'est que la couche de bois la plus ancienne. C'est la seule partie ligneuse de ces tiges qui renferme des trachées déroulables. Le printemps la moelle est succulente, mais, à mesure que la saison avance, les sucs qu'elle renfermait se distribuent dans la tige, et, à la fin de l'été, elle est complètement sèche. Dans les grosses tiges ligneuses la

---

Fig. 174.—Coupe transversale et longitudinale d'un rayon médullaire.

moelle finit presque toujours par disparaître. Elle se résorbe et le centre de la tige devient ligneux comme le reste.

Structure des tiges monocotylédonées ligneuses.—Ces tiges ont une structure toute différente des précédentes. Elles n'ont pas de couches concentriques, elles sont le plus souvent sans ramifications, et affectent la forme cylindrique plutôt que conique, l'écorce ne peut pas être séparée du bois, et ce dernier est plus dur à l'intérieur qu'au centre, *b* fig. 174.

Ecorce.—Ces tiges ont bien une véritable écorce, mais qui diffère complètement de l'écorce des tiges dicotylédonées. Ce n'est plus une série de feuillets fibreux et cellulaires superposés, mais une masse de cellules dans laquelle on rencontre de nombreux faisceaux vasculaires distribués comme sans ordre et au hasard. De plus, comme ces faisceaux proviennent du ligneux de ces tiges, ils unissent intimement l'écorce au bois, et il devient impossible de séparer ces deux tissus l'un de l'autre sans les briser.

Bois.—Le corps ligneux se compose lui aussi d'une masse de cellules dans laquelle sont distribués des faisceaux ligneux. Ces derniers sont en bien plus grand nombre à la circonférence qu'au centre. Il suit de là que la partie dure, le cœur de ces tiges, est placée en dehors, et la partie molle, correspondant à l'aubier, en dedans. C'est ce qu'il est très facile de constater sur une section transversale d'une tige de palmier. Une tige d'asperge, bien qu'herbacée, présente une section transversale absolument semblable. Quelquefois, grâce à un développement trop rapide, le tissu cellulaire axial

se déchire, les fragments s'accolent au tissu plus résistant de la périphérie et la tige devient fistuleuse.

Les faisceaux ligneux de ces tiges renferment les trois organes élémentaires de l'histologie végétale. Cependant leur composition se simplifie pour chacun d'eux à mesure qu'ils descendent plus bas dans la tige. Il est probable même qu'un faisceau, complet à la partie supérieure, finit par disparaître tout-à-fait à un niveau inférieur. Leur direction est très remarquable. Au lieu de se diriger verticalement de bas en haut, ils affectent la forme d'arcs de cercles légèrement gonflés vers le haut et dont la convexité est tournée vers le centre de la tige. La formation ligneuse de ces tiges n'est guère employée en ébénisterie, précisément à cause de l'étroitesse des planches qu'on en peut tirer et de leur peu de régularité.

Structure des tiges ligneuses acotylédonées. — Nous prendrons pour type de ces tiges, celle des fougères arborescentes.

A l'intérieur, on rencontre une masse d'un brun foncé, très spongieuse et ressemblant à de la tourbe desséchée. C'est le tissu qui joue le rôle de l'écorce. La surface présente ou bien des cicatrices, ou bien de gros faisceaux vasculaires faisant saillie au dehors. Les cicatrices sont des empreintes laissées par chacune des feuilles mortes, et les faisce[illegible] sont les bases des frondes ou feuilles qui [illegible] sur les tiges après que la partie verte en es[illegible]sp[illegible]

A l'intérieur, on trouve un stipe tantôt creux et tantôt plein, dont la dureté est plus grande à la cir-

conférence qu'au centre. Une section transversale présente une masse grisâtre de cellules, sillonnée de lignes noires bizarrement contournées, mais se répétant cependant avec une certaine régularité autour de la tige, *c* fig. 174. Ces lignes noires constituent, à proprement parler, le bois. Chacune d'elles résulte de la section d'une double lame ligneuse qui s'étend depuis le bas jusqu'au sommet de la tige. Ces lames s'accolent latéralement les unes aux autres, de manière à former un tube continu à l'intérieur de la tige. Mais cette soudure latérale ne se produit pas cependant au point d'insertion des feuilles. A part ces lames, se voient encore des faisceaux irréguliers, disséminés à l'extérieur ou à l'intérieur du tube ligneux et anastomosés entre eux. Anatomiquement ces lames se composent de fibres à parois très épaisses et fortement colorées. L'espace qui les sépare



Fig. 175.

rempli de vaisseaux scalariformes, de cellules lyédriques et autres organes élémentaires.

Fig. 175.—Tiges anomales : *a* tige de sapindacée ; *b* tige de *Menispermum* ; *c* tige de *Bauhinia*.

Tiges anomales.—Les tiges ligneuses, soit dicotylédonées soit monocotylédonées, ne se développent pas toujours aussi régulièrement que nous venons de le supposer. Plusieurs anomalies se produisent surtout chez les lianes et les autres végétaux à tige grimpante. Nous en reproduisons ici, fig. 175, quelques sections qui suffiront à donner une idée de ces tiges souvent fort bizarres.

CHAPITRE QUATRIEME.

Organes appendiculaires des tiges.

BOURGEONS.—Les bourgeons proprement dits sont de petites masses ovoïdes dont l'extérieur est presque toujours recouvert d'écailles imbriquées, fig. 176, ou d'une pellicule homogène qui les enveloppe complètement. Au centre est un petit rameau sur lequel se dessinent déjà les feuilles ou les fleurs qui se développeront plus tard. Cette branche minuscule reçoit le nom de *scion*. Les bourgeons se développent le plus souvent à l'aisselle des feuilles. Ils apparaissent sous forme de masses cellulaires qui se forment d'abord entre le bois et l'écorce. Ils ne tardent pas à percer cette dernière et à venir faire saillie au dehors. Puis les écailles se complètent et les bourgeons sont prêts à produire les branches qui devront en sortir.

Les écailles sont le plus souvent des organes avortés, feuilles ou parties de feuilles. Leur rôle est de protéger le scion contre les intempéries des saisons. Voilà pourquoi, dans plusieurs arbres, on les trouve imprégnées de gomme (peuplier baumier) ou garnies de duvet (saule).



Fig. 176.

On dit que les bourgeons sont *florifères*, *foliifères* ou *mixtes* suivant que le scion intérieur porte des fleurs, des feuilles ou ces deux organes à la fois. Les premiers sont toujours plus arrondis et les seconds plus aigus. Les bourgeons mixtes ont des formes qui tiennent le milieu entre ces deux extrêmes. Comme les bourgeons se forment toujours une année à l'avance et qu'ils existent déjà sur les rameaux lors de la chute des feuilles, il est facile de prévoir dès l'automne, si les arbres fruitiers auront ou n'auront pas de fleurs le printemps suivant.

La disposition des feuilles dans le bourgeon porte le nom de *préfoliation*. Elle est invariable pour chaque espèce et peut constituer quelquefois un excellent caractère spécifique. Elle est *condupliquée* quand la feuille est pliée en deux, moitié sur moitié (chêne) ; elle peut être plissée en éventail (groseiller) ; quelquefois les bords sont roulés en dehors (oseille), ou

---

Fig. 176.—Bourgeons terminal et latéraux de l'érable.

roulés en dedans (peuplier) ; dans la fougère la feuille est roulée en crosse au moment du développement.

Turion.—C'est un bourgeon souterrain. Il ne diffère du bourgeon ordinaire que par sa position, son volume et sa consistance, fig. 177. Il est toujours plus volumineux et plus succulent que le bourgeon ordinaire.

Bulbes.—Les bulbes se rapprochent des bourgeons par leurs formes, ils ont cependant une structure beaucoup plus complexe. Ce sont des plantes complètes, ayant à la fois racine, tige et feuilles. La racine est fibreuse, la tige n'est qu'un disque applati, on l'appelle *plateau*, et les feuilles sont des écailles



Fig. 177.



Fig. 178.



Fig. 179.

le plus souvent succulentes, distribuées à la surface du plateau. Quelquefois ce dernier prend un grand

---

Fig. 177.—Turion d'asperge.
Fig. 178.—Bulbe à tuniques de l'oignon.
Fig. 179.—Bulbe écailleux du lis.

développement et constitue la partie la plus considérable du bulbe, on dit alors que le bulbe est solide (safran).

Si chacune des écailles enveloppe complètement la partie centrale, le bulbe est à tuniques, fig. 178; ces plantes ont toujours des feuilles engaînantes (oignon). Si les écailles sont petites et imbriquées, le bulbe est écailleux, fig. 179 (lis).

Les bulbes comme les bourgeons se régénèrent chaque année. Les jeunes bulbes naissent à l'aisselle des écailles des anciens, ou encore à leur extérieur. Quelques bulbes ne vivent qu'une année et produisent durant cette année les jeunes bulbes qui le remplaceront l'année suivante. D'autres vivent deux ans et ne donnent des fleurs et des fruits que la seconde année.

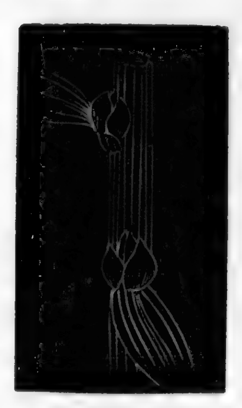


Fig. 180.

Bulbilles.—Ce sont de véritables bulbes mais sans racines, qui se développent le long des tiges, fig. 180. Ils participent de plus près à la nature des bourgeons que les bulbes véritables, cependant ils s'en distinguent par leur faculté de se développer d'eux-mêmes lorsqu'on les met dans un sol convenable.

Fig. 180.—Bulbilles du martagon.



CHAPITRE CINQUIEME.

Greffe.

Il est quelquefois possible de faire développer un rameau ou un bourgeon en le séparant de l'individu qui l'a produit, pourvu qu'on l'insère sur un autre de telle manière qu'il puisse vivre aux dépens des sucs de ce dernier. Cette opération s'appelle *greffe*. Le bourgeon ou le rameau que l'on transporte est la *greffe*, et l'individu sur lequel on le fixe porte le nom de *sujet*.

Plusieurs conditions sont nécessaires pour la réussite de la greffe. Il faut d'abord mettre à l'abri de l'air les parties vitales de la greffe et du sujet, de manière à éviter toute altération capable de les détruire. En outre une certaine ressemblance d'organisation est également nécessaire ; on greffe facilement espèce sur espèce, plus difficilement genre sur genre, mais jamais la greffe ne réussit entre des plantes de familles différentes. Enfin, il faut réaliser aussi parfaitement que possible le contact des tissus dans lesquels se fait le développement organique de la greffe et du sujet, de telle sorte que les sucs nutritifs puissent passer facilement et en abondance de l'un dans l'autre. C'est donc la partie interne de l'écorce, siège principal de la vie des tiges, comme nous le verrons plus tard, qu'on doit faire communiquer ensemble. Ajoutons qu'il faut faire la greffe au moment où le sujet et la greffe sont à une même phase de végétation.

La greffe exerce une influence très marquée sur les fruits des arbres. Elle les améliore. Et de fait, tous les arbres fruitiers doivent la qualité de leurs fruits aux greffes multipliées auxquelles ils ont été soumis. On dirait qu'il se forme au point de soudure de la greffe et du sujet, comme un réseau qui gêne la sève dans sa circulation et ne laisse passer que la partie la plus riche, employée surtout au développement du fruit. Aussi les arbres greffés sont-ils toujours moins forts en bois, plus petits en dimensions, moins vigoureux et moins robustes ; mais, en revanche, leurs produits sont bien supérieurs.

Il y a plusieurs manières de greffer. On peut lier ou souder deux branches l'une à l'autre, ou bien greffer un rameau ou un simple bourgeon sur le sujet, ou encore fixer plusieurs greffes différentes sur un même sujet. Toutes ces opérations sont plus spécialement du ressort de l'horticulture, nous les laisserons ici de côté.

CHAPITRE SIXIEME.

La feuille.

Les feuilles sont des expansions latérales des tiges. Elles sont le plus souvent planes et de couleur verte. Cependant, sur une même plante, elles affectent des formes bien différentes suivant qu'on les examine à

différentes hauteurs le long de la tige. A la base elles ont toujours un contour très simple, mais à mesure que l'on atteint des niveaux plus élevés, leur apparence varie. Leur contour se découpe, leur couleur même se modifie, et, dans la fleur, elles revêtent des formes tellement étranges qu'on éprouve de la difficulté à regarder les différents verticilles floraux comme n'étant composés que de feuilles modifiées.

Structure anatomique de la feuille.—La feuille renferme les trois éléments histologiques des plantes: cellules, fibres et vaisseaux. Dans la partie la plus voisine du rameau, elle ne se compose guère que d'un gros faisceau fibro-vasculaire qui s'échappe latéralement pour aller s'épanouir dans la partie plane de la feuille.

Les vaisseaux et les fibres conservent dans ce faisceau la position relative qu'ils avaient dans la tige. Et comme dans celle-ci les trachées occupaient la partie intérieure de l'étui médullaire et étaient soudées aux fausses trachées et ensuite aux vaisseaux laticifères, le côté supérieur du faisceau est occupé par des trachées, au-dessous sont de fausses trachées et à la partie inférieure qui correspond au revers de la feuille, se trouvent les vaisseaux laticifères. Ces différents systèmes de vaisseaux sont toujours entourés par des masses de fibres qui leur servent de support et les unissent les uns aux autres.

Le faisceau vasculaire se subdivise, se ramifie, dans la partie plane de la feuille. Il y constitue ce que l'on appelle les nervures, véritable dentelle qui

permet aux sucs de la plante de parcourir tout le limbe et d'y venir en contact avec l'air. Ce contact ne se fait cependant que par endosmose, à travers la paroi des vaisseaux.

Les mailles de ce réseau vasculaire sont occupées par un tissu cellulaire, toujours gorgé de chlorophylle et qui offre une consistance bien différente suivant qu'on l'examine sur le dessus ou le revers de la feuille. Le tissu supérieur est ferme, composé de cellules intimement unies les unes aux autres et ne laissant que très peu d'espace libre. Sur le revers au contraire, les cellules sont très irrégulières, de manière à laisser entre elles de vastes et nombreux méats, dans lesquels l'air intérieur pénètre et circule avec facilité, fig. 181.



Fig. 181.

Cette circulation de l'air joue un rôle majeur dans la végétation. Sans elle il n'y aurait pas de respiration parfaite et la vie des plantes en souffrirait.

Enfin, dans les plantes terrestres, les deux côtés de la feuille sont recouverts d'une lame d'épiderme littéralement criblée de stomates. Ceux-ci abondent particulièrement à la surface inférieure. Ils corres-

Fig. 181.—Tissus cellulaires pris dans la feuille du pissenlit *b* et du mil *a*.

pondent toujours exactement aux nombreux méats intercellulaires, et constituent les ouvertures par lesquels les gaz pénètrent dans les feuilles et en sortent. Ce sont surtout ces stomates qui donnent au revers de la feuiile la teinte plus pâle qui le caractérise.

Les feuilles des plantes submergées sont beaucoup plus simples. Souvent elles ne se composent que d'une masse de cellules, sans fibres ni vaisseaux et recouverte par une cuticule très mince. Des cellules légérement allongées tiennent lieu de vaisseaux.

PARTIES DE LA FEUILLE.—Presque toujours, les feuilles renferment deux parties. L'une cylindrique, rétrécie et présentant une assez grande tenacité.



Fig. 182.

C'est celle qui s'échappe de la tige tout en lui restant unie par une de ses extrémités. On l'appelle le

Fig. 182.—*b*, feuilles d'érable, pétiole articulé et limbe ; *a*, feuille peltée.

pétiole, *a*, *b* fig. 182. Il est formé par ce faisceau fibro-vasculaire dont nous avons parlé dans l'étude de la structure anatomique de la feuille. Le pétiole est généralement cylindrique. Quelquefois une gouttière règne à la partie supérieure, il est alors *canaliculé*. Dans les feuilles du tremble le pétiole est aplati perpendiculairement au plan du limbe, ce qui explique le mouvement si facile de ces feuilles au moindre courant d'air.

Le pétiole est fixé par un bout au rameau, l'autre est soudé au *limbe* qui est la partie plane et mince de la feuille. Le plus souvent il est fixé à la base du limbe ; quelquefois cependant il est fixé au centre, la feuille est alors dite *peltée*, *a* fig. 182. Quelquefois le pétiole traverse le limbe ; la feuille est *perfoliée*. Il arrive encore qu'au point de soudure du rameau et du pétiole, ce dernier subit une espèce d'étranglement surmonté d'un bourrelet ; ces feuilles sont *articulées*, *b* fig. 182. Elles tombent généralement plus tôt que les autres l'automne.



Quand le pétiole manque, le limbe repose immédiatement sur le rameau et la feuille est *sessile*. En général, on dit qu'un organe est *sessile* quand il n'a pas son support ordinaire.

GAÎNES ET STIPULES.—Dans plusieurs plantes, il arrive que le faisceau vasculaire qui s'échappe du rameau pour se distribuer dans la feuille, se dilate dès sa sortie en expansion foliacée. Alors, ou bien il entoure la tige au point d'insertion de la feuille : feuille *amplexicaule*, ou bien il forme un tube ou *gaîne* qui se prolonge sur une longueur variable le

long du rameau : feuille *engaînante*. Cette gaîne est quelquefois entière, *d* fig. 183, c'est-à-dire forme un véritable tube continu ; quelquefois elle est



Fig. 183.

fendue dans toute sa longueur. Le plus souvent, on voit, où le limbe proprement dit quitte la gaîne, une ligne saillante plus ou moins velue qu'on appelle *ligul*, *e* fig. 183.

Cette expansion latérale des faisceaux vasculaires du pétiole n'atteint pas toujours un degré tel qu'elle entoure complètement la tige. Quelquefois il ne se produit que deux petites ailettes vertes, fixées à la

---

Fig. 183.—*a*, feuille de rosier, stipulée ; *b*, *c*, formes diverses de stipules ; *d*, feuille engaînante, gaîne entière ; *e*, gaîne fendue, ligule.

tige ou au pétiole. On les désigne sous le nom de *stipules*, *a*, *b*, *c* fig. 183. Les stipules ont des formes et des dimensions qui varient à l'infini. Il est rare que les stipules qui ne sont soudées ni avec le rameau, ni avec le pétiole, persistent longtemps sur la plante. Elles tombent de bonne heure en laissant une petite cicatrice qui témoigne seule de leur existence. Les stipules des rumex sont soudées l'une à l'autre quand la feuille apparaît et forment alors une véritable gaîne qu'on appelle *ochréa*. Ce n'est que plus tard qu'elles se séparent pour prendre l'apparence des stipules ordinaires.

Les stipules n'existent pas chez les monocotylédones, et, chez les dicotylédones, on les trouve dans quelques familles, par exemple, les *tiliacées*, les *rosacées*, etc.; elles n'existent pas chez les *labiées*, les *crucifères*, etc.

Nervation.—La manière dont les différents faisceaux vasculaires du pétiole se distribuent dans le limbe constitue la nervation des feuilles. Parmi les différentes nervures, il y en a généralement une qui est plus apparente que les autres et qui occupe à peu près le milieu de la feuille, c'est la nervure *médiane*, les autres sont les nervures *latérales*.

De la distribution des nervures on peut tirer des caractères qui, sauf deux ou trois exceptions, font distinguer du premier coup d'œil les dicotylédones des monocotylédones. Dans les premières, les nervures sont fortement ramifiées et courent en tous sens dans le limbe. Dans les secondes, les nervures restent sensiblement parallèles. Il est facile de se

convaincre de la généralité de cette loi en comparant la feuille de l'un quelconque de nos arbres à feuilles caduques (dicotylédone) avec celle du maïs ou d'un autre graminée (monocotylédone).

Dans le cas de nervation ramifiée divergente, la disposition des nervures dans le limbe est très variable. Elle peut cependant se rapporter à quatre types principaux.



Fig. 184.

Le cas le plus simple est celui d'une nervure unique, médiane, qui ne se ramifie pas : la feuille est

---

Fig. 184.—Types de nervations des feuilles ; *a*, *d*, feuilles penninerve ; *b*, feuille uninerve ; *c*, feuille curvinerve.



uninerve. C'est le cas pour la plupart des conifères, pin, sapin, épinette, *b* fig. 184. Le limbe reste très étroit et la feuille est *aciculaire.* Il n'est pas rare que ces feuilles soient réunies deux à deux ou en groupes plus nombreux ; on dit alors qu'elles sont *fasciculées.*

Ailleurs la nervure médiane se ramifie. Elle forme de chaque côté des nervures secondaires qui s'insèrent sur elle comme les barbes sur le tuyau d'une plume, *a* fig. 184. La nervation est *pennée* et la feuille est penninerve (tilleul, orme, merisier).

Si le pétiole, au point où il s'attache au limbe, s'épanouit en un nombre impair de nervures divergentes, dont l'une est médiane et dont les autres vont décroissant en volume de chaque côté comme les doigts de la main, la nervation est *palmée* et la feuille *palminerve* (érable, vigne) *b* fig. 182. Le développement plus ou moins considérable, plus ou moins régulier de ces nervures latérales donne à la feuille un nombre très considérable de formes différentes.

Enfin, si au sortir de la tige ou de la gaîne, un certain nombre de nervures, dont une un peu plus forte et médiane, cheminent parallèlement les unes aux autres de la base du limbe au sommet, la nervation est *parallèle* et la feuille est *rectinerve* (graminées, narcisse, jacinthe). Le limbe s'allonge alors souvent en forme de ruban, *e* fig. 183. La feuille est *curvinerve,* quand les nervures sont arquées en dedans et se réunissent au sommet, *c* fig. 184.

Découpures du limbe.—Nous avons dit plus haut que la distribution des nervures avait une grande

influence sur la forme du limbe, elle en a une non moins grande sur le caractère de la ligne qui le limite. Quelquefois le bord du limbe est convexe en tous points, sans aucune trace d'angles rentrants : limbe *entier* (lilas, nénuphar), *a*, *c* fig. 184.

Dans le cas d'une feuille à nervation pennée, le contour peut n'entrer que faiblement entre les nervures latérales, en découpant autour de leurs sommets ou des arcs de cercles ou des dents aigues ; le limbe est *crénelé* dans le premier cas (pensée), *denté* dans le second (hêtre, rosier), *a* fig. 183. S'il rentre jusqu'au milieu de la longueur des nervures latérales, les dents profondes qui en résultent sont des *lobes* et le limbe est *lobé* (chêne, érable), *d* fig. 184. Si la division rentre jusqu'au voisinage de la nervure médiane, le lobe devient une *partition* et le limbe est *partit* (coquelicot). Enfin si elle atteint la nervure médiane, chaque lobe devient un *segment* et le limbe est *sequé* (aigremoine).

Pour exprimer d'un seul mot le mode de nervation du limbe et son mode de découpure, on dira que la feuille est *pennidentée*, *pennilobée*, *pennipartite*, *penniséquée*, *palmidentée*, *palmilobée*, *palmipartite*, et *palmiséquée*.

On dit encore qu'une feuille est *disséquée* lorsque le limbe est réduit à peu près exclusivement à ses nervures (mille-feuilles), *laciniée* quand le limbe est lobé irrégulièrement (pissenlit).

Forme des feuilles.—La forme des feuilles varie beaucoup d'une plante à l'autre. Elles peuvent être

aciculaires (pin), *linéaires* (céréales), *lancéolées* (laurier-rose), *ovales* (cerisier à grappes), *elliptiques* (érythrone), *cordées* (lilas), *réniformes* (azaret du Canada), *sagittée* (sagittaire), etc., *a*, *b*, *c* fig. 185. Quelques

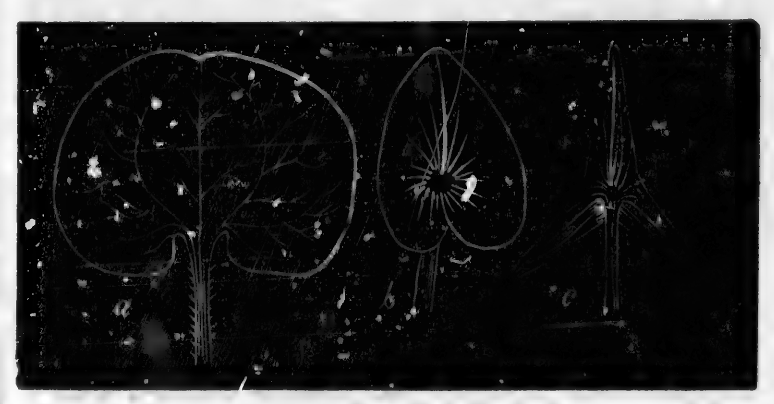


Fig. 185.

feuilles ont des formes très irrégulières, et qui diffèrent complètement de celles que nous venons de mentionner. Telle est la feuille de la sarracénie, de la dionée, etc. On désigne ces feuilles en les appelant feuilles *anomales*.

Feuilles simples et composées.—Le pétiole produit souvent de chaque côté une série de pétioles secondaires terminés chacun par un limbe. Chacun de ceux-ci avec son pétiole est une *foliole*, et alors la feuille est dite composée. Ces pétioles secondaires peuvent à leur tour se ramifier une deuxième et une troisième fois, leurs ramifications étant toujours terminées par une foliole. De là la distinction de

---

Fig. 185.—*a* Feuille réniforme ; *b* cordée ; *c* sagittée.

feuilles *simples*, *composées*, *décomposées* et *surdécomposées*, suivant qu'il y a un, deux, trois ou quatre systèmes de pétioles.

Si les pétioles s'échelonnent en deux rangées le long du pétiole primaire, la ramification est *pennée* et la feuille est *composée pennée*, *a* fig. 186, *bipennée*



Fig. 186.

ou *tripennée*. Si les folioles naissent par paires à la même hauteur, la feuille est *oppositipennée*, autrement elle est *alternipennée*.

Si les pétioles secondaires, insérés tous au même point, divergent en décroissant de taille à droite et à gauche à partir du prolongement du pétiole primaire, la feuille est *composée palmée*, *b* fig. 186. Elle peut, comme la feuille composée pennée, avoir deux ou trois séries de pétioles.

Fig. 186.—*a* Feuille composée pennée ; *b* feuille composée palmée (fraisier).



Disposition des feuilles sur leur axe.—Dans les plantes herbacées, les feuilles se rencontrent d'un bout à l'autre de la tige. Celles qui naissent du collet portent le nom de feuilles *radicales*, les autres sont les feuilles caulinaires. Dans les plantes ligneuses les feuilles ne se trouvent que sur de jeunes rameaux et, pour les arbres à feuilles caduques, exclusivement sur les rameaux qui se forment par le développement des nouveaux bourgeons.

Dans tous les cas, les feuilles sont toujours disposées avec ordre. Ou bien elles naissent seule à seule en un même point du rameau : feuilles *alternes* (orme, tilleul), ou bien deux, trois, quatre feuilles ou plus sont insérées à la même hauteur : feuilles *opposées* ou *verticillées* (érable, lilas, laurier-rose).

Feuilles alternes.—Les feuilles alternes offrent toujours une disposition fort remarquable qu'il est important de bien connaître vu qu'on peut en tirer un bon caractère spécifique.

L'angle de divergence de deux feuilles voisines est invariable pour une même espèce, et cet angle est toujours rationel à la circonférence. Dans l'orme par exemple, cet angle est de 180°, de sorte que la troisième feuille est immédiatement superposée à la première, la cinquième à la troisième et ainsi de suite. Dans le bouleau c'est la quatrième qui est superposée à la première, la septième à la quatrième, etc. Dans le peuplier, la sixième est superposée à la première, dans le bui c'est la neuvième.

Si on fixe un fil au pétiole de la feuille qui sert de point de départ et qu'on le fasse passer par les

points d'insertion de toutes les feuilles, on décrira une spirale régulière d'un bout à l'autre du rameau. Or cette spirale fera toujours le même nombre de tours entre deux feuilles immédiatement superposées. Dans l'orme et le bouleau, elle en fera un, dans le peuplier, deux, dans le buis, trois, dans le sumac, cinq. Ces deux données relatives à la diposition des feuilles alternes sont à peu près invariables dans chaque espèce végétale et leur ensemble a été appelé *cycle* de feuilles.

On est convenu d'exprimer le cycle par une fraction dont le numérateur est le nombre de tours de spires et le dénominateur le nombre de feuilles comprises entre deux feuilles superposées. Ainsi les cycles dont nous venons de parler auront pour expression :

$$\frac{1}{2}, \quad \frac{1}{3}, \quad \frac{2}{5}, \quad \frac{3}{8}, \quad \frac{5}{13}, \ldots\ldots\ldots$$

Cette série est indéfinie et pour trouver un terme de rang quelconque, il suffit d'ajouter les dénominateurs et numérateurs des deux cycles qui le précèdent immédiatement pour avoir les quantités correspondantes du cycle cherché.

On remarque que les cycles à petits dénominateurs se trouvent sur les branches à longs entre-nœuds, tandisque les cycles à grands dénominateurs s'appliquent aux feuilles rapprochées en rosettes (involucres, cônes).

On rencontre encore, mais plus rarement les séries

$$\frac{1}{3}, \quad \frac{1}{4}, \quad \frac{2}{7} \ldots\ldots \quad \frac{1}{4}, \quad \frac{1}{5}, \quad \frac{2}{9} \ldots\ldots$$

Il est évident que l'expression du cycle est en même temps celle de l'angle de divergence de deux feuilles voisines.

Feuilles opposées et verticillées.—Pour les feuilles opposées, le cas le plus fréquent est celui où les feuilles de deux verticilles voisins font un angle de 90°. Elles se croisent donc à angle droit. Les feuilles sont alors dites *décussées.* Cette loi s'applique encore aux feuilles verticillées, et l'on trouve presque toujours que les feuilles d'un verticille sont placées vis-à-vis les espaces qui séparent les feuilles des deux verticilles voisins, de sorte que pour les feuilles opposées et verticillées, il y a superposition exacte de deux en deux verticilles.

Variations des cycles.—La valeur des cycles n'est pas tellement fixe qu'on ne puisse pas y trouver de temps en temps des variations assez remarquables. On lui voit quelquefois subir des changements profonds non seulement d'une branche à une autre, mais encore sur une même branche. C'est ainsi que des feuilles opposées à la base, s'espacent peu à peu et deviennent alternes, qu'un cycle passe momentanément ou définitivement d'une valeur à une autre. Les causes de ces changements ne sont guères connues. Une légère torsion du rameau peut à elle seule rendre la détermination du cycle impossible, surtout s'il a une expression élevée.

Durée des feuilles.—Les feuilles, en général, tombent chaque automne. Les feuilles articulées tombent les premières. Leur chute est souvent causée par une lame de liège qui se forme au point de jonction du

pétiole et du rameau, en dessous du bourgeon axillaire. Chez les pins, sapins, etc., les feuilles persistent l'hiver. La chute des feuilles ne s'y produit pas à une époque fixe, mais les anciennes feuilles disparaissent les unes après les autres, après que les nouvelles se sont développées.

CHAPITRE SEPTIEME.

Vrilles, épines, aiguillons.

Nous rangeons dans ce chapitre toute une série d'organes transformés qui se rapportent les uns aux feuilles, les autres aux rameaux.

Les *vrilles* sont des appendices filamenteux, simples ou rameux qui s'enroulent autour des corps voisins et qui servent ainsi à fixer et à supporter les tiges grêles qui en sont pourvues, *a* fig. 187. Ces vrilles sont toujours des organes avortés. Souvent ce sont des feuilles dont les nervures seules se sont développées. Ainsi dans la vesce, les trois folioles terminales de la feuille composée pennée sont représentées uniquement par leurs nervures médianes enroulées en vrilles. Il arrive aussi que les vrilles sont de véritables rameaux florifères avortés (vigne). La position des vrilles indique leur origine.

Epines.—Les épines sont des piquants raides et aigus formés par le prolongement du tissus fibreux

de la plante ou le développement anormale de certaine partie des végétaux. Souvent ce sont des rameaux arrêtés dans leur croissance, (senelliers, pruniers sauvages) *b* fig. 187. Ailleurs ce sont des



Fig. 187.

stipules devenues spinescentes (groseillier-à-maquereau). Dans le chardon, ce sont les extrémités des nervures des feuilles qui dépassent les bords du limbe et se durcissent en épines.

Aiguillons.—Ce sont des piquants qui n'ont aucun lien avec les tissus intérieurs des plantes. Ils sont soudés uniquement à l'épiderme et on peut les enlever sans briser le rameau, *a* fig. 183. On les regarde généralement comme des poils développés anormalement et durcis. On peut facilement suivre le long d'un jeune rameau de rosier cette transformation successive des poils en aiguillons.

Fig. 187.—*a*, vrille ; *b*, épine du prunier sauvage ; *c*, épines du groseillier-à-maquereau.

CHAPITRE HUITIEME.

Fleur.

La fleur est l'ensemble des organes de reproduction de la plante.

Parties essentielles et enveloppes florales.—Toute fleur se compose d'un certain nombre de verticilles groupés à l'extrémité d'un support qu'on appelle *pédoncule.* Le plus centrale de ces verticiles est le *pistil.* C'est l'organe qui renferme les graines embryonnaires ou ovules. Il est entouré par les *étamines ;* celles-ci contiennent cette poussière fécondante qui détermine dans les ovules la formation de l'embryon. Ces deux organes sont les parties essentielles des fleurs. Toute fleur qui les renferme est dite *complète.*

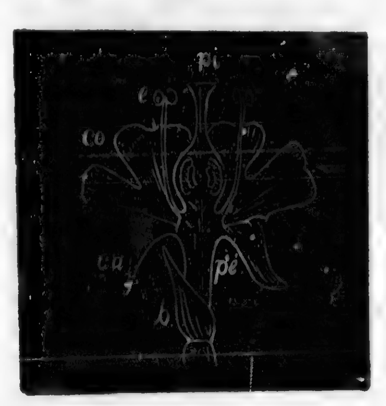


Fig. 188.

Les fleurs ont le plus souvent un certain nombre de folioles qui entourent les organes essentielles. Les unes sont généralement colorées et forme un premier verticille qu'on appelle *corolle ;* les autres,

---

Fig. 188.—Fleur complète ; *b*, bractée ; *pé*, pédoncule ; *ca*, calice ; *co*, corolle ; *e*, étamines ; *pi*, pistil.

placées tout à fait en dehors ou à la base de la fleur, forment le verticile calicinal ou le *calice*. Ces deux verticilles constituent les *enveloppes florales* ou le *périanthe*, fig. 188.

Fleurs incomplètes, pistilées, staminées, stériles.—Les fleurs auxquelles manquent un ou plusieurs de ces organes sont incomplètes. Celles qui n'ont ni étamines, ni pistil sont *neutres* ou *stériles* (boule-de-neige). Celles qui n'ont que le pistil sont dites *pistilées* ou *femelles*, celles où l'on ne trouvent que les étamines



Fig. 189.



Fig. 190.

sont *staminées* ou *mâles*. Les saules n'ont que des fleurs unisexuées, pistilées ou staminées.

Fig. 189.—Spathe.
Fig. 190.—Calicule.

Types floraux. — Le nombre des pièces qui forment chacun de ces verticiles constitue ce que l'on appelle les types floraux. Ces types sont fixes et peuvent servir de bons caractères spécifiques. En général, les verticiles floraux des monocotylédones ont pour type trois ou ses multiples, tandis que dans les dicotylédones le type est cinq ou ses multiples. Cependant les exceptions sont nombreuses. Plusieurs fleurs de dicotylédones ont quatre pour type floral. Telles sont entre autres les fleurs des crucifères.

Bractées.—On donne ce nom à de vraies feuilles, modifiées dans leur forme, leur constitution et leur couleur, qui recouvrent la fleur lorsqu'elle commence à se former. On en distingue plusieurs espèces.

La *spathe* est une grande bractée, généralement colorée, qui se fend dans sa longueur pour laisser voir la fleur, fig. 189. Le grand cornet blanc de la fleur du pied-de-veau est une spathe. Elle existe encore dans les aulx et les narcisses.

L'*involucre* est formé par une ou plusieurs séries de folioles appliquées à la base d'une fleur ou d'une inflorescence (pissenlit, grand soleil des jardins).



Fig. 191.

Le *calicule* est formé par plusieurs bractées étroitement appliquées autour d'une seule fleur (mauve, œillet) fig. 190.

La *cupule* est composée de plusieurs bractées ligneuses et persis-

Fig. 191.—Cupule du gland.

tantes qui recouvrent la fleur en tout ou en partie (gland, faînes) fig. 191.

Article I.

Inflorescence.

L'*inflorescence* est la disposition des fleurs sur le rameau.

" L'inflorescence est indéfinie, dit l'abbé Moyen, quand l'axe floral produit latéralement des fleurs à mesure qu'il croit. Alors l'accroissement n'est limité que par les circonstances climatériques et le nombre des fleurs est indéfini." L'épanouissement commence par les fleurs les plus éloignées de l'extrémité du rameau floral, voilà pourquoi on dit que cette inflorescence est *centripète.*

Quand l'extrémité de l'axe est occupée par une fleur, l'accroissement est limité dans cette direction et ne peut plus se faire que latéralement, alors l'inflorescence est définie. Et comme l'épanouissement commence ici par la fleur centrale pour gagner les fleurs extérieures, l'inflorescence est *centrifuge.*

Principales espèces.—On partage les inflorescences en trois groupes, inflorescences *à axe primaire*, *à axes secondaires* et *à axes tertiaires*, suivant que les fleurs sont portées par un, deux ou plus de deux systèmes de pédoncule et de pédicelles.

Les principales inflorescences à axe primaire sont les suivantes :

1° L'*épi :* fleurs complètes, insérées le long du pédoncule, *b* fig. 192 (blé, plantin).

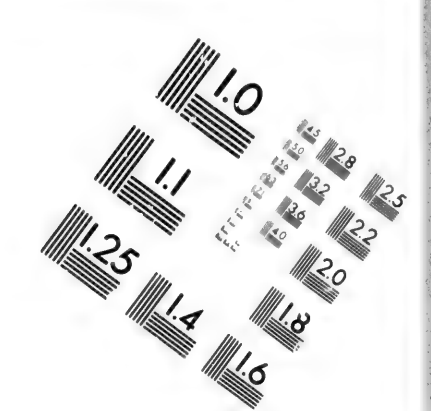
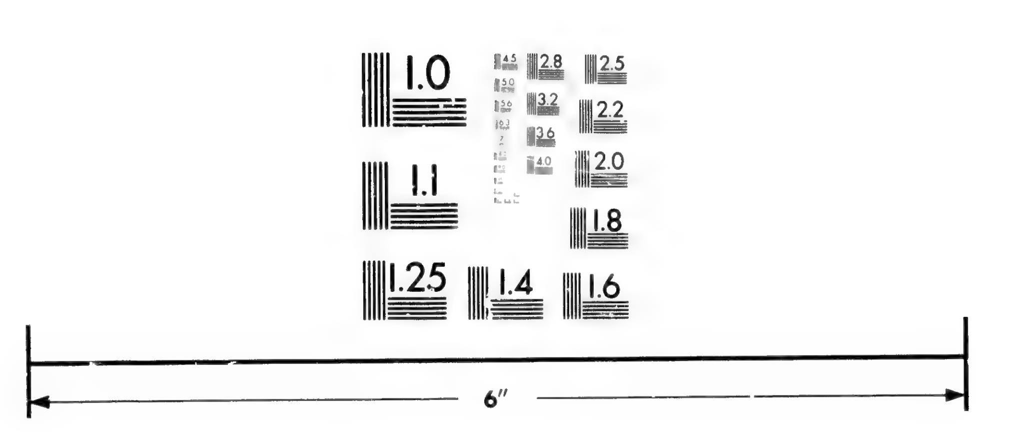
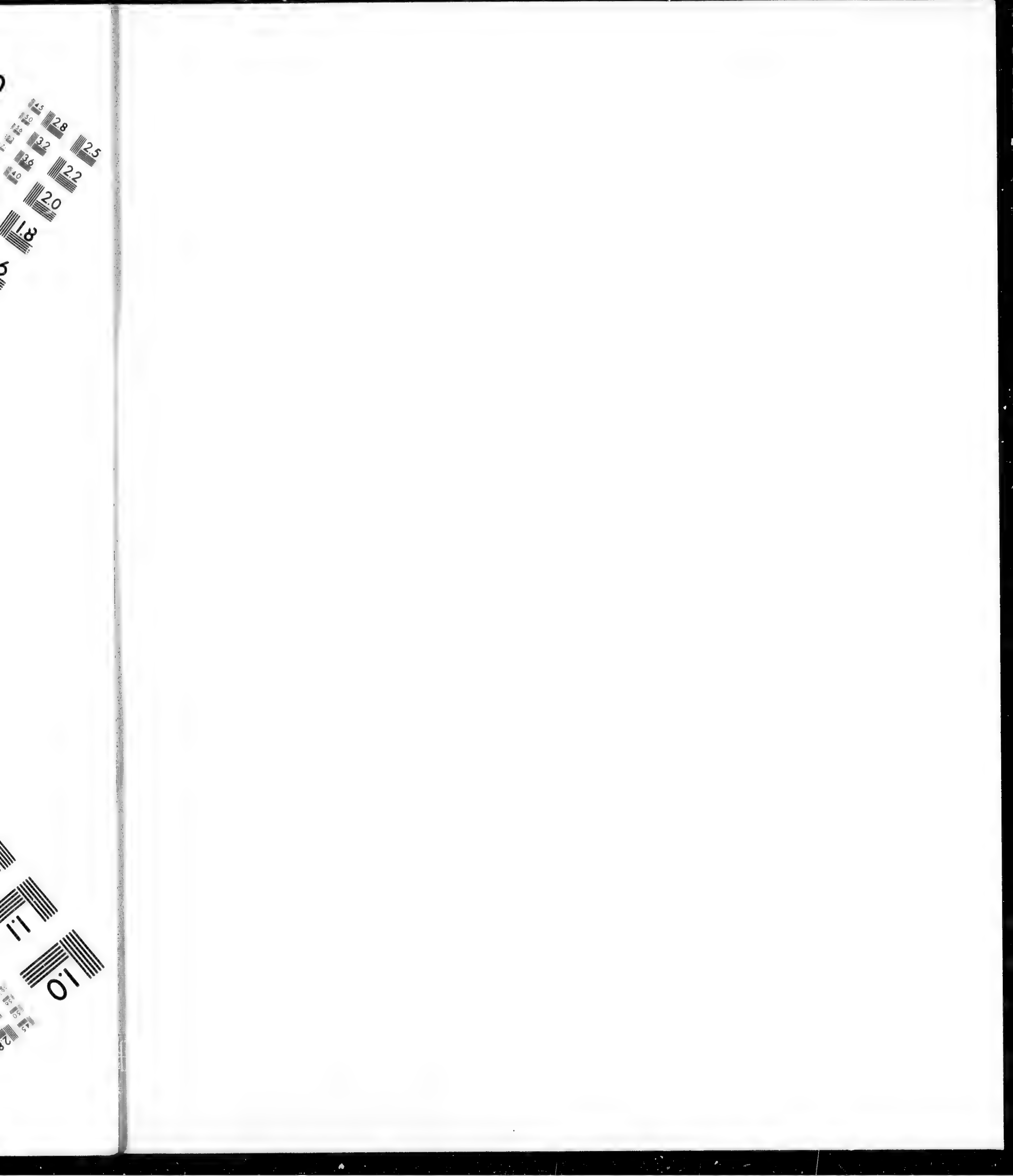


IMAGE EVALUATION
TEST TARGET (MT-3)



Photographic
Sciences
Corporation

23 WEST MAIN STREET
WEBSTER, N.Y. 14580
(716) 872-4503



2° Le *chaton :* fleurs unisexuées, groupées en épi et naissant à l'aisselle de bractées écailleuses, *a* fig. 192, (saule, bouleau).

3° Le *cône ;* c'est un chaton femelle dont les bractées sont très développées et souvent ligneuses, *c* fig. 192, (pin, sapin, merisier).



Fig. 192.

4° Le *spadice,* les fleurs unisexuées sont portées par un axe central. Le tout est enveloppé par une grande spathe (pied de veau) fig. 189.

5° Le *capitule :* fleurs réunies en grand nombre à la

Fig. 192.—*a*, chaton ; *b*, épi ; *c*, cône ; *d*, capitule ; *e*, grappe ; *f*, corymbe ; *l*, ombelle.

surface de l'extrémité du pédoncule élargie en un réceptacle plus ou moins grand (pissenlit, soleil) *d* fig. 192.

Les principales inflorescences à axes secondaires sont :

1° La *grappe* : les axes secondaires ou *pédicelles* naissent à différentes hauteurs autour du pédoncule primaire, *e* fig. 192, (cerisier à grappe.)

2° Le *corymbe* : les pédicelles naissent à différentes hauteurs et se prolongent tous jusqu'à une même surface plane ou courbe (tanaisie) *f* fig. 192.



Fig. 193.

3° L'*ombelle* : les pédicelles naissent tous à la même hauteur (carotte) *l* fig. 192.

Fig. 193.—*a*, panicule d'avoine ; *b*, cyme de stellaire ; *d*, cyme scorpioïde du myosotis ; *c*, figure théorique de cette cyme.

Voici enfin les inflorescences à axes tertiaires :

Le *panicule :* les pédicelles inférieurs sont plus longs que les autres ; et il en résulte pour l'inflorescence une forme pyramidale plus ou moins régulière (avoine) *a* fig. 193.

2° Le *thyrse :* ici ce sont les pédicelles mitoyens qui sont les plus longs, de sorte que l'inflorescence est ovoïde (lilas).

3° Le *corymbe composé :* réunion de plusieurs corymbes (mille-feuilles).

4° L'*ombelle composée :* réunion de plusieurs ombelles (héraclée).

Quand aux inflorescences définies, une seule a reçu un nom, c'est la *cyme.* Elle est d'ailleurs le type des inflorescences définies. Le pédoncule principal et les différents pédicelles latéraux sont tous limités à leur sommet par une fleur (stellaire) *b* fig. 193.

Quelquefois, toute une moitié de l'inflorescence ne se développe pas, alors l'espèce de grappe qui en résulte s'enroule en forme de crosse : c'est l'inflorescence scorpioïde (myosotis) *d* fig. 193.

Article II.

Préfloraison.

La préfloraison est la disposition des différents verticilles floraux avant l'épanouissement de la fleur. On ne l'étudie guère que dans les enveloppes florales. Elle est *imbriquée* si les pièces se recouvrent à la manière des écailles des bourgeons (camélia) ; *valvaire* si elles ne se touchent que par leurs bords

(tilleul) ; *tordue* si elles ont subies une torsion (lin) ; *convolutive* si chaque pièce entoure complétement l'intérieur de la fleur.

Article III.

Calice.

Le calice est la partie extérieure du périanthe double. C'est l'enveloppe florale qu'on trouve immédiatement au-dessus des bractées.

Il se compose d'un certain nombre de folioles presque toujours vertes, qu'on appelle *sépales*. Elles peuvent être libres ou soudées ensemble. Dans le premier cas le calice est *polysépale*, dans le second il est *monosépale*.

La soudure peut se faire sur une portion plus ou



Fig. 194.

moins longue des sépales. De là les qualificatifs de *dentés*, *fides* ou *partites* que l'on donne aux calices

---

Fig. 194.—Calices, *a* éperonné, *b* campanulé, *c* urcéolé.

monosépales. De plus, on appelle *tube* la partie du calice où les sépales sont soudés, *gorge* la ligne où cesse la soudure et *limbe* la partie des sépales qui est libre.

Le calice est *régulier* si tous les sépales sont semblables, autrement il est irrégulier. Quelquefois, les sépales sont réduits à l'état d'aigrettes soyeuses (pissenlit) ; il n'y a alors que les nervures des sépales qui se développent. Ceci se produit dans les inflorescences très denses, à l'intérieur desquelles la lumière ne peut guère pénétrer.

Les formes du calice sont très nombreuses. Il peut être *tubuleux*, *cylindrique*, *anguleux*, *étalé*, *cupuliforme*, *urcéolé*, *vésiculeux*, *éperonné*, etc., fig. 194.

Article IV.

Corolle.

La corolle est la seconde enveloppe florale en partant de l'extérieur.

Elle se compose d'un nombre variable de folioles, le plus souvent vivement colorées, qu'on appelle pétales. Ceux-ci ne sont que des feuilles modifiées. Aussi y trouve-t-on souvent une partie rétrécie qui joue le rôle du pétiole et qu'on appelle l'*onglet*, fig. 195. S'il n'y en a pas, le pétale est sessile.

Comme le calice, la corolle est *monopétale* si tous les pétales sont soudés ensemble en tout ou en partie, *polypétale* s'ils sont libres les uns des autres.

Corolles polypétales.—Le nombre de pétales y varie depuis un jusqu'à plusieurs centaines. Ils sont tan-

tôt réguliers, tantôt irréguliers, tantôt semblables tantôt dissemblables. Il y a parmi ces corolles, tant régulières qu'irrégulières, certains types qui se re-



Fig. 195.

reproduisent assez régulièrement. Ce sont les suivants pour les corolles polypétales régulières.

1° Corolle *rosacée.* — Cinq pétales à onglet très



Fig. 196.

court, étalés en rosace (rose sauvage, ronce) *a* fig. 196.

Fig. 195.—Diverses formes de pétales à onglet et sessiles.
Fig. 196.—Corolle rosacée *a*, corolle crucifère *b*.

2° Corolle *crucifère*.—Quatre pétales unguiculés, opposés deux à deux (choux, julienne) *b* fig. 196.

3° Corolle *caryophyllée*.—Cinq pétales à onglet très long, insérés au fond d'un calice tubuleux (œillet, siléné) *c* fig. 197.

Parmi les corolles polypétales irrégulières une seule a reçu un nom. C'est la corolle *papilionacée*.



Fig. 197.

Elle se compose de cinq pétales. Deux sont soudés par un de leurs côtés et forment comme une nacelle, on les appelle la *carène*. Deux autres sont placés longitudinalement de chaque côté de la carène, ce sont les *ailes*. Enfin un troisième pétale, beaucoup plus grand, est redressé à son extrémité libre, c'est l'*étendard* (pois, fève, trèfle) *b* fig. 197.

Fig. 197.—Corolles caryophyllée *c*, papilionacée *b*, infundibiliforme *a*.

Corolles monopétales.—Les principales formes de la corolle monopétale régulière sont :

1° Corolle *campanulée.*—Le tube va en s'élargissant graduellement de la base au sommet de la fleur (campanule) *a* fig. 198.

2° Corolle *infundibiliforme.*—Tube étroit, s'élargissant au sommet en forme d'entonnoir, *a* fig. 197.



Fig. 198.

3° Corolle *hypocratériforme.*—Tube long et étroit, limbe étalé en forme de coupe surbaissée (lilas) *e* fig. 198.

4° Corolle *rotacée.*—Tube très court, limbe étalé presque à plat (pomme de terre) *d* fig. 198.

Fig. 198.—Corolles campanulée *a*, personnée *b*, labiée *c*, rotacée *d*, hypocratériforme *e*.

5° Corolle *urcéolée*.—Tube renflé en forme d'outre (gaulthérie, airelle).

Il n'y a guère que deux types de corolles monopétales irrégulières qui se reproduisent sans trop de variations, ce sont les corolles *labiées* et *personnées*. Dans les premières, le tube s'élargit jusqu'à la gorge et le limbe se sépare en deux parties bien distinctes *c*, fig. 198. L'une est formée de cinq, l'autre de trois folioles, et l'ensemble présente de l'analogie avec les lèvres d'une bouche entrouverte (baume, menthe). Quelquefois l'une des lèvres semble avoir été coupée à la gorge de la corolle.



Fig. 199.

Le *demi-fleuron* des composées *a*, fig. 199, est une corolle monopétale dont le tube a été comme déchiré, les pétales qui composent la corolle forment une simple lamelle déjetée de côté. Dans les corolles personnées, on trouve deux lèvres comme dans les labiées, mais la gorge, au lieu d'être libre, est obstruée par un renflement qui la ferme complètement et cache les organes essentiels (muflier). Ces corolles ressemblent à des masques, de là leur nom, *b* fig. 198.

Les nombreuses corolles qui n'entrent dans aucune des divisions précédentes sont dites *anomales*.

Fig. 199.—*b* Fleuron, *a* demi-fleuron des composées.

CHAPITRE CINQUIEME.

Androcé ou verticille staminal.

Les étamines forment le premier verticille des organes essentiels des fleurs. Ils renferment la poussière fécondante. On y distingue trois parties.

1° Le *filet*.—C'est le support de l'étamine. Il a la forme d'un cône, d'une colonnette, d'un fil plus ou moins ténu. Il a de plus une grande analogie avec les pétales et prend facilement la forme de ces organes. C'est ainsi que se dédoublent un bon nombre de fleurs cultivées dans les jardins. Les centaines de pétales des roses doubles ne sont que des étamines modifiées. La fleur du rosier ne renferme que cinq pétales. En général, toutes les fleurs doubles sont le résultat du changement de quelques-uns des verticilles en pétales.

2° L'*anthère*. — Elle a généralement l'apparence d'un sac membraneux. Si elle a plusieurs loges, elles sont réunies ensemble par un corps spécial appelé *connectif*. Quelquefois elles sont simplement adossées sans que le connectif existe. A sa surface se trouve un sillon ou une espèce de cicatrice. C'est par là que s'ouvre l'anthère pour laisser sortir le pollen, fig. 200.



Fig. 200.

Fig. 200.—Etamine entr'ouverte avec grains de pollen. Filet, anthères et connectif.

3° Le *pollen.*—C'est la partie essentielle des étamines. Il se compose d'une masse de petits grains microscopiques, dont la forme, invariable pour une même espèce de plante, change cependant d'une espèce à l'autre.

Chacun de ces grains a deux membranes. L'extérieure est dure, coriace, à surface généralement rugueuse, et présente un certain nombre de solutions de continuité sous forme de plis ou de pores, *b*, fig. 201. La membrane intérieure est très mince, élastique et susceptible de se dilater beaucoup. Elle peut faire hernie par les ouvertures de la membrane extérieure sous forme de tubes extrêmement petits appelés *boyaux polliniques*, *a* fig. 42. En dedans, se trouve un liquide mucilagineux, la *fovilla*, contenant une masse de petits granules que l'on voit constamment se mouvoir à l'intérieur des boyaux polliniques. Ce liquide joue un rôle essentiel dans la fécondation des plantes.



Fig. 201.

Quelques végétaux, comme les orchis, ont un *pollen solide;* c'est-à-dire, que les grains de pollen ne sont pas séparés les uns des autres mais forment une seule masse solide.

Nombre et soudure des étamines.—Lorsqu'il y a dix

Fig. 201.—Deux formes de grains de pollen, le grain *a* émet les boyaux polliniqu[illegible] par deux des pores de sa surface.

ou moins de dix étamines dans une fleur, leur nombre ne varie pas ; les étamines sont alors *définies*. S'il y en a plus de dix, leur nombre est variable, elles sont *indéfinies*.

Si une fleur renferme quatre étamines dont deux plus longues que les autres, les étamines sont *didynames*, *a* fig. 202. Elles sont *tétradynames*, si la fleur



Fig 202.

en renferme six, dont quatre longues et deux courtes, *b* fig. 202.

Les étamines soudées par les filets en un, deux ou plusieurs faisceaux sont dites *monadelphes*, *diadelphes* ou *polyadelphes*, *c*, *d* fig. 202. Elles sont *synanthérées* si la soudure se fait par les anthères. Enfin une soudure directe des étamines avec le pistil détermine ce que l'on appelle des étamines *gynandres*.

Fig. 202.—*a*, étamines didynames ; *b*, étamines tétradynames ; *c*, étamines monadelphes ; *d*, étamines diadelphes.

Article VI.

Verticille carpellaire ou pistil.

Le pistil est le verticille central de la fleur, c'est lui qui renferme les graines embryonnaires.

Il se compose d'un nombre variable d'organes appelés *carpels* qui ne sont que des feuilles modifiées. Dans cette modification, la feuille se replie longitudinalement sur elle-même, ses deux bords se soudent de manière à former une cavité centrale, et les ovules ou jeunes graines se trouvent toujours sur les bords de la feuille. La feuille carpellaire garde généralement sa couleur.



Fig. 203.

Dans chaque carpel il y a cinq parties. L'*ovaire*, cavité placée à la base : le *style*, colonnette placée au-dessus de l'ovaire ; le *stigmate*, glande qui couronne le style ; le *trophosperme* ou *placentaire*, masse celluleuse qui sert de point d'attache aux graines et enfin les *ovules* qui sont les graines embryonnaires, fig. 203. Le style est souvent absent.

Un pistil est quelquefois formé d'un seul carpel, mais il se compose généralement de plusieurs carpels soudés ou libres en tout ou en partie. Lorsqu'il y a soudure par la base, l'ovaire résultant est souvent divisé en autant de loges qu'il y a de carpels dans le pistil, c'est l'ovaire pluriloculaire. Cependant il arrive que les feuilles carpellaires se soudent

---

Fig. 203.—Section longitudinale d'un pistil.

par leurs bords sans se replier vers l'axe de la fleur et le pistil, tout en étant composé, reste cependant uniloculaire. Le nombre des trophospermes indique alors s'il y a réunion de plusieurs carpels ou non.

Le style renferme toujours à son centre un tissu cellulaire très lâche destiné à laisser passer et à nourrir les boyaux polliniques. On l'appelle pour cette raison : *tissu conducteur*.

La forme et la consistance des stigmates sont très variables. En général, leur nombre indique le nombre des carpels qui se sont soudés pour former le pistil.

Ovule, mode de développement.—L'ovule apparaît d'abord à la surface du trophosperme sous la forme d'un petit mamelon celluleux qui plus tard sera le *nucelle*. Ce globule s'entoure bientôt d'une double



Fig. 204.



Fig. 205.

membrane, *b* fig. 204, qui finit par l'envelopper complètement, sauf à son sommet où existe toujours

Fig 204.—Développement de l'ovule ; *b* phase initiale ; *a* ovule parfait non fécondé.

Fig. 205.—*a* Ovule orthotrope ; *b* campylitrope ; *c* anatrope ; *h* hile ; *c* chalaze ; *m* micropyle.

une solution de continuité qui, dans la graine mûre, est appelée *micropyle.* Le nucelle est fixé à l'enveloppe par un seul point opposé au micropyle et qu'on appelle la *chalaze*, d'un autre côté le point d'attache de l'ensemble de l'ovule sur le trophosperme est le *hile.*

Quelquefois les différents côtés du nucelle et des enveloppes s'accroissent régulièrement, alors le micropyle, le hile et la chalaze restent sur une même ligne droite ; c'est l'ovule *orthotrope*, *a* fig. 205. Dans certains cas, un côté se développe plus qu'un autre, alors le hile et la chalaze restent rapprochés mais le micropyle est déjeté de côté et le sommet du nucelle tourne de 90° : ovule *campylitrope*, *b* fig. 205. Ces graines, lorsqu'elles sont mûres, ont la forme d'un rein. Enfin, il arrive des cas de développements tout à fait irréguliers. Le nucelle tourne d'une demie circonférence et la chalaze vient se mettre en un point diamétralement opposé au hile. Un faisceau vasculaire part de ce dernier, court entre les deux enveloppes et pénètre dans le nucelle par la chalaze ; la saillie qu'il produit à l'extérieur de la graine porte le nom de *raphée.* Le micropyle se trouve ainsi placé tout près du hile. L'ovule est alors dit *anatrope*, *c* fig. 205.

Pendant que cette évolution se produit, le nucelle se creuse. La cavité intérieure, quelle que soit sa forme, sphérique ou cylindrique, large ou étroite, constitue le sac embryonnaire. A son sommet se forme un chapelet de cellules terminé par une cellule plus grosse qui est la vésicule embryon-

naire, *a* fig. 204. C'est elle qui, en se développant forme l'embryon.

Article VII.

Insertion des verticilles floraux.

L'extrémité supérieur du pédoncule est presque toujours dilatée en une surface plane ou légèrement courbe, sur laquelle sont insérés les différents verticilles de la fleur. Cette surface porte le nom de *réceptacle* ou de *torus*. Dans quelques plantes le réceptacle prend un grand dévelopement, ainsi dans la fraise et la figue il constitue à lui seul la partie comestible.



Fig. 206.

La proximité réciproque des verticilles de la fleur

Fig. 206.—Insertion des verticilles floraux ; *a* étamines hypogynes ovaire *supère* ; *b* étamines périgynes ; *c* étamines *épigynes* ovaire *infère*.

fait que souvent ils se soudent les uns aux autres en tout ou en partie. On regarde alors comme leur point d'insertion celui où ils deviennent libres.

De tous les verticilles floraux les étamines et le pistil sont ceux dont l'insertion est la plus importante à déterminer. Les étamines sont *hypogynes* si elles naissent sous l'ovaire, elles sont *périgynes* si elles naissent des parois d'un calice tubuleux, *épigynes* si elles naissent du sommet de l'ovaire. Dans le cas de corolles monopétales, les filets des étamines sont toujours soudés avec les pétales et ont même insertion.

L'ovaire occupe lui aussi des positions remarquables par rapport aux autres verticilles de la fleur. Il est *infère* s'il se soude avec les parois d'un calice tubuleux; *supère*, s'il est libre de toute adhérence avec les envelopes florales.

CHAPITRE NEUVIEME.

Le fruit.

Le fruit est l'ovaire parvenu à maturité.

Il se compose d'une envelope qui est la feuille carpellaire, appelée ici *péricarpe* et des ovules mûrs qui sont les graines.

Structure et nature du péricarpe.—Le péricarpe à son tour, étant une feuille, doit avoir deux lames

d'épiderme placées de chaque côté d'un tissu cellulaire mitoyen. L'épiderme extérieur est appelé *épicarpe*, c'est la *peau* des fruits. Il reste le plus souvent mince et s'enlève facilement sur les fruits charnus. L'épiderme intérieur, *l'endocarpe*, est, lui aussi, mince et membraneux. Il est cartilagineux dans la pomme, parcheminé dans le pois et ligneux dans tous les fruits à noyau. Ce dernier se compose de l'endocarpe et d'une portion du mésocarpe lignifié. Le *mésocarpe* ou *sarcocarpe* est le tissu placé entre l'endocarpe et l'épicarpe. Il prend un grand développement et devient succulent dans les fruits *charnus*, il reste mince dans les fruits *secs*.

Déhiscence du fruit.—Il y a des fruits qui s'ouvrent spontanément lorsqu'ils sont mûrs, pour laisser échapper leurs graines. On dit qu'ils sont *déhiscents*. D'autres ne s'ouvrent pas ; ils sont *indéhiscents*. Les fruits charnus en général sont indéhiscents. Le mode de déhiscence est invariable dans chaque espèce de plante.

Classification des fruits.—Les différents types de fruits peuvent se grouper en trois grandes classes. Les fruits *simples* ou *apocarpés*, qui résultent de la maturation de pistils uniloculaires dont les ovules sont portés par un seul trophosperme. Les fruits *soudés* ou *syncarpés*, qui résultent de plusieurs carpelles soudés ensemble. Enfin les fruits *composés* ou *synanthocarpés* qui sont plutôt de véritables assemblages de fleurs.

Ces classes peuvent se subdiviser en groupes secondaires, suivant que les fruits sont secs ou charnus, déhiscents ou indéhiscents.

C'est ce que fera comprendre le tableau suivant:

PRINCIPALES ESPÈCES DE FRUITS.

Fruits	simples	secs	indéhiscents	cariopse, akène, samare
			déhiscents	follicule, gousse, pixide
		charnus	....	drupe
	soudés	secs	indéhiscents	gland
			déhiscents	silique, silicule, capsule
		charnus		péponide, mélonide, baie
	composés	....	....	cône, sorose.

Nous allons maintenant passer en revue ces principales espèces de fruits :

Fruits simples, secs et indéhiscents.—Cariopse.—Fruit monosperme, péricarpe mince, intimement soudé avec la graine (blé) *a* fig. 207. *Akène.*—Fruit monosperme, téguments de la graine séparés du péricarpe (soleil) *b* fig. 207. *Samare.*—Fruit monosperme ou polysperme dont le péricarpe se prolonge latéralement sous forme d'ailes membraneuses (orme) *c* fig. 207.

Fruits simples, secs et déhiscents.—Follicule.—Fruit uniloculaire s'ouvrant par une seule suture de manière à présenter la feuille carpellaire étalée (pied d'alouette) *e* fig. 207. *Gousse.*—Fruit uniloculaire, bivalve ; présente une grande variété de formes (pois) *d* fig. 207. *Pixide.*—Fruit s'ouvrant par une fente circulaire transversale (pourpier) *m* fig. 207.

Fruits simples, charnus.—Drupe.—Fruit contenant un seul noyau uniloculaire (prune). La *noix* ne diffère de la drupe que par son péricarpe qui est moins succulent. Ce que l'on mange dans ce fruit c'est la graine et non le mésocarpe comme dans la prune ou la pêche.



Fig. 207.

Fruits soudés, secs et indéhiscents.—Gland.—Fruit pluriloculaire, présente à son sommet les dents très fines du limbe du calice, fig. 191.

Fruits soudés, secs et déhiscents.—Silique.—Fruit allongé, bivalve, séparé en deux par une fausse cloison (chou, rave) *n* fig. 207. *Silicule.*—Silique raccourcie, contient une ou deux graines (thlaspi).

Fig. 207.—*a* Cariopse ; *b* akène ; *c* samare ; *d* gousse ; *e* follicule ; *m* pixide ; *n* silique.

Capsule.—On range sous cette dénomination les fruits qui n'entrent pas dans les deux divisions précédentes.

Fruits soudés, charnus.—***Péponide.***— Fruit à une seule loge, contenant une multitude de graines fixées à trois trophospermes pariétaux (citrouille, concombre). *Mélonide.*—Fruit charnu, provenant de plusieurs ovaires réunies et soudés avec le tube du calice qui souvent devient très charnu (poire, pomme). *Baie.*—Tout fruit charnu dépourvu de noyau et qui n'entre pas dans les divisions précédentes (raisin, groseille).

Fruits composés.—***Cône.***—C'est l'inflorescence de ce nom parvenue à maturité. *Sorose.*—Agglomération de petits fruits soudés par leurs enveloppes calicinales (ananas).

CHAPITRE DIXIEME.

La Graine.

La graine est l'ovule parvenu à maturité.

La graine renferme toujours deux parties *l'épisperme* et *l'amande.* L'épisperme est formé par les deux enveloppes de l'ovule intimement soudées ensemble. L'amande est la partie intérieure de la graine. Elle est le résultat du développement du nucelle. Elle peut se composer de deux parties, *l'endosperme* ou

l'albumen et *l'embryon*. Il n'est pas rare cependant que l'embryon constitue l'amande à lui seul.

L'endosperme est un développement de tissu cellulaire provenant soit de l'accroissement du nucelle, soit d'une formation spéciale qui se produit dans le sac embryonnaire. L'endosperme est une réserve de substances alimentaires dans laquelle puisera l'embryon au moment de la germination. Dans les céréales, il constitue toute la partie farineuse des graines ; le son est formé par les débris de l'épisperme et de l'épicarpe. La noix de coco à un endosperme charnue, il est corné dans le café et dans le fruit du phytelephas.

Embryon.—Petite plante complète, *c* fig. 208, du moins dans les végétaux supérieurs, et qui résulte du développement de la vésicule embryonnaire après la fécondation. On y distingue quatre parties. La *radicule*, petite racine, courte et conique dont la pointe est toujours dirigée vers le micropyle. Son développement normal produit directement la racine chez plusieurs plantes. Quelquefois elle se détruit encore jeune et alors apparaissent les radicelles qui formeront la racine du végétal.

La *tigelle* de l'embryon surmonte immédiatement la radicule. Elle n'existe que dans les dicotylédones et sert de point d'attache aux *cotylédons*. Ces derniers sont des feuilles généralement épaisses et à contours arrondis. Elles sont les premières qui sortent du sol au moment de la germination. Lorsque les cotylédons sont épais, ils servent à nourrir la jeune plante, aussi se flétrissent-ils à mesure que

celle-ci se développe. Entre les cotylédons se trouve la *gemmule* qui n'est en réalité que le bourgeon de la tigelle.

Les embryons des monocotylédones n'ont qu'une seule masse cotylédonaire. Elle se fend latéralement pour laisser s'échapper les feuilles qui sortent les premières du sol. Il n'y a pas de trace de la tigelle.

Spores des acotylédones.—Les graines des acotylédones diffèrent complètement de celles que nous venons de décrire. En premier lieu, elles ne sont pas contenues dans des organes analogues aux fruits. De plus il est impossible d'y distinguer aucune trace de téguments. Souvent ce ne sont que des aggrégations de cellules, sans aucun vestige d'organisation spéciale ; ailleurs, une seule cellule constitue une graine complète. On a donné à toutes ces graines le nom générique de *spores.* Chose remarquable, il n'est pas rare de voir ces spores ou cellules-embryons, dans les plantes marines surtout, animées de mouvements spontanés très bien caractérisés au moment où elles sortent de la plante-mère. On croirait au premier abord avoir affaire à de véritables infusoires. Ce fait étrange prouve que les deux règnes, animal et végétal, ne sont pas aussi éloignés l'un de l'autre qu'on le croit généralement.

Dissémination des graines.—La Providence a ménagé aux plantes un grand nombre de moyens à l'aide desquels, non-seulement elles assurent leur existence là où elles ont une fois poussé, mais encore se répandent au loin et agrandissent sans cesse leur domaine. C'est par la dissémination de leurs graines que les plantes font ces conquêtes.

Les graines peuvent se disséminer par la force seule de la plante qui les a produites. Certains fruits se brisent avec violence au moment de la déhiscence et projettent leurs graines au loin. Telle est entre autres celui de l'impatiente. Les fraisiers et autres plantes rampantes émettent de nombreux *coulants* qui se fixent de distance en distance et envahissent bientôt tout un champ.

Ces deux modes de dissémination sont relativement restreints. Il y en a beaucoup d'autres plus efficaces, Ainsi les rivières charrient une quantité considérable de graines, et lorsqu'après une inondation les eaux se retirent, il n'est pas rare de trouver sur les surfaces inondées des plantes qu'on n'y avait encore jamais vues. C'est pour une raison analogue que les flores alpines tendent toujours à descendre des hauteurs qu'elles occupent, les torrents des montagnes entraînant sans cesse leurs graines du sommet vers la plaine. Les courants marins produisent les mêmes effets, mais à un moindre dégré, vu que les graines sont plus vite décomposées par les eaux de la mer que par l'eau douce.

Les vents disséminent également une foule de graines, surtout celles qui sont légères et qui, grâce aux ailettes qui les entourent, donnent une forte prise aux courants d'air. Les graines à houppes soyeuses, comme celle du pissenlit, du tremble, peuvent être transportées à des distances énormes par des courants d'air relativement faibles. Que dire alors des graines microscopiques des fougères et autres plantes acotylédones? Aussi ces semences sont-elles distribuées partout avec profusion et se

développent-elles toujours, dès que les conditions nécessaires à leur germination se trouvent remplies.

Les animaux disséminent aussi énormément de graines. Les rongeurs amassent de tous côtés dans leurs greniers d'hiver des dépôts considérables de semences comestibles. Les oiseaux mangent une foule de baies, et comme les noyaux peuvent quelquefois échapper aux procédés de la digestion, ils se trouvent souvent transportés à de grandes distances. Sur les rivages des lacs saumâtres du Nord-Ouest, on trouve une grande variété de plantes méridionales dont les graines ont sans doute été apportées là par les oiseaux dans leurs migrations annuelles vers le nord. Quelques graines comme celles de la bardane, de l'aigremoine, se fixent solidement à la toison des animaux et voyagent avec eux.

Enfin l'homme est un des plus puissants agents de la dissémination des graines. Intentionnellement ou accidentellement, il emporte avec lui une foule de plantes qui, à la longue, modifient considérablement la flore des pays qu'il colonise. Nous avons ainsi gratifié l'Europe de plusieurs mauvaises herbes, mais elle nous l'a rendu avec usure. La verge d'or, plante canadienne, empeste, parait-il, le nord de la France ; d'un autre côté, la marguerite blanche, espèce européenne, a été importée au Canada et fait maintenant le désespoir de nos cultivateurs.

———

LIVRE TROISIEME.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

Les phénomènes vitaux dans les plantes peuvent se ranger en deux catégories : phénomènes de nutrition et phénomènes de reproduction.

CHAPITRE PREMIER.

Nutrition.

" La nutrition, dit Richard, est l'acte par lequel les végétaux, après avoir puisé dans les milieux où ils vivent, les gaz ou les liquides indispensables à l'entretien de leur vie, éprouvent les modifications nécessaires au développement des parties qui les constituent, et à la formation des organes nouveaux qu'ils doivent successivement produire." Ce sont les racines et les feuilles qui sont les principaux organes de nutrition.

La nutrition comprend plusieurs actes que nous allons voir successivement.

Article I.

Absorption.

Le squelette des plantes se compose presque exclusivement de quatre éléments, oxygène, hydrogène, carbone et azote. Il y entre encore un certain nombre de substances minérales, phosphates, carbonates et silicates. Or la plupart de ces aliments sont puisés dans le sol par les racines. Il n'y a guère que l'extrémité cellulaire de la racine, la spongiole, qui concourt à l'absorption. Et comme les cellules qui la composent sont complètement closes, l'absorption des liquides du sol ne peut se faire que par endosmose. C'est dire qu'une racine saine ne pourra jamais absorber une matière solide quelque ténue qu'elle soit. En revanche toutes les matières liquides sont absorbées avec une facilité qui dépend uniquement de leur densité plus ou moins grande comparée à celle du suc cellulaire.

La force endosmotique n'est pas la seule qui produise l'absorption, la capillarité y joue aussi un rôle important, et elle pourrait suffire à elle seule pour faire arriver l'eau du sol jusqu'au sommet d'arbres très élevés. C'est pour utiliser cette force physique que les jardiniers ont le soin de *rafraichir*, c'est-à-dire, de couper d'une section nette les racines des végétaux qu'ils transplantent et qui se seraient brisées pendant l'opération. Enfin le vide qui se pro-

duit dans les feuilles par la transpiration végétale, se communique de cellule en cellule, de vaisseau en vaisseau, depuis le sommet jusqu'à la racine, et augmente encore la force d'absorption des spongioles.

La force et la rapidité avec lesquelles se produit l'absorption sont très considérables. En quelques minutes les plantes fanées que l'on arrose redeviennent turgides, et d'un autre côté, le fait que les liquides atteignent le sommet des arbres les plus élevés prouve que la force d'absorption est capable de contrebalancer une pression de plusieurs atmosphères.

Article II.

Circulation.

Les liquides absorbés par les spongioles se répandent dans toute la plante. Mais, comme les végétaux n'ont pas un système continu de vaisseau à la façon des animaux, à part le double mouvement qui porte le liquide nutritif ou la *sève* de haut en bas et de bas en haut, il y a lieu de considérer deux autres mouvements, l'un qui se fait dans chaque cellule, la *giration*, et l'autre qui se fait dans les vaisseaux laticifères, la *cyclose.*

Nous avons déjà décrit la giration à propos du protoplasma des cellules. La circulation du latex se fait avec une assez grande irrégularité dans les anses et les anastomoses des vaisseaux laticifères. A mesure qu'il monte ou descend dans ces tubes, le latex se répand latéralement de façon à parcourir toutes les mailles de ce réseau vasculaire.

Mouvement général de la sève.—La sève, aussitôt après son absorption, se met en mouvement vers les feuilles. Au départ elle n'offre que des traces de matières premières : albumine, glutine, gomme, sucre, etc. Mais elle s'enrichit à mesure qu'elle monte. Le mouvement ascensionnelle qui commence au printemps, subit un arrêt relatif vers le milieu de l'été pour recommencer de nouveau au mois d'août en faveur des bourgeons et du bois de l'automne. C'est par l'aubier des tiges que passe la sève ascendante et surtout par les couches intérieures. Le mouvement ascensionnel ne se fait pas rigoureusement en ligne droite, mais le suc vital se répand latéralement de façon à se maintenir constamment homogène et à imbiber également toutes les parties des tiges. La quantité de sève qui monte ainsi le printemps est toujours très grande. C'est ce que l'on peut constater en faisant dans une tige une incision assez profonde pour attaquer l'aubier. D'après M. l'abbé Provancher, un bouleau peut donner jusqu'à vingt gallons de sève avant que ses feuilles se développent.

La sève arrive petit à petit dans la feuille et y subit diverses transformations qui la rendent assimilable. Elle redescend ensuite, mais par un autre chemin. La sève descendante, qu'on appelle encore le *cambium*, passe par le liber de l'écorce et se répand en même temps entre les tissus corticaux et ligneux pour s'organiser chaque année en une nouvelle couche de bois. Ce rôle important joué par l'écorce dans la circulation de la sève, explique pour-

quoi les arbres auxquels on a enlevé une zône circulaire d'écorce sont nécessairement voués à la mort. D'ailleurs toute blessure considérable faite à l'écorce d'un arbre amène assez souvent la décomposition des parties corticales voisines et, par suite, la mort.

Article III.

Transpiration.

Les végétaux transpirent comme les animaux, c'est-à-dire, qu'ils perdent, par leurs parties vertes surtout, une portion de l'eau absorbée par les racines. La transpiration varie avec l'état de l'atmosphère ; toute cause qui affecte l'évaporation des liquides agit de la même manière sur la transpiration. Dans un air sec et chaud la transpiration est abondante, elle est presque nulle quand l'air est froid et humide.

Article IV.

Respiration.

La respiration est un des phénomènes les plus compliqués de la physiologie végétale.

La sève, comme le sang des animaux, doit être mise en contact avec l'air atmosphérique pour devenir assimilable. C'est la feuille qui est l'organe spéciale de la respiration, elle est le poumon des plantes, bien que toutes les parties vertes concourent au même phénomène.

Voici en abrégé les principaux actes qui consti-

tuent ce qu'on appelle la respiration végétale. Sous l'influence de la lumière solaire, les parties vertes absorbent l'acide carbonique et le décomposent; elles rejettent en même temps de l'oxygène. Dans l'obscurité l'inverse se produit; l'oxygène est absorbé et l'acide carbonique rejeté. Cet acide carbonique vient probablement du sol et, d'après Dumas, il passerait dans la plante comme à travers un crible pour s'échapper à l'extérieur, tant que la plante n'est pas exposée à la lumière solaire.

Les vaisseaux des tiges se remplissent d'air lorsque le grand mouvement de la vie se ralentit, et ils constituent alors de puissants organes de respiration trachéenne.

L'absorption et la décomposition de l'acide carbonique de l'atmosphère, voilà la principale cause qui contribue à enlever à l'air l'excès d'acide carbonique qui provient des combustions et de la respiration des animaux.

Article V.

Sécrétions.

La sève une fois élaborée par la transpiration et la respiration, est devenue assimilable. Alors apparaissent dans les tissus végétaux une foule de principes qui constituent à proprement parler les sécrétions des plantes.

Plusieurs parmi ces principes immédiats peuvent être regardés comme le résultat de la combinaison d'un certain nombre de molécules de carbone avec

un certain nombre de molécules d'eau. Tels sont la cellulose, l'amidon, les gommes, les résines, les sucres, la dextrine, le ligneux. Ajoutons un excès d'hydrogène à ces sécrétions et nous aurons le latex et la chlorophylle. Le caoutchouc, les huiles, les essences, ne se composent que de molécules d'hydrogène et de carbone combinées ensemble. Dans les acides organiques au contraire l'oxygène prédomine. La présence de l'azote avec les trois éléments précédents produit les alcaloïdes végétaux, morphine, quinine, nicotine, strychnine. Enfin la fibrine, la caséine, l'albumine, la glutine, renferment dans leur composition un peu de soufre et de phosphore.

Tels sont les principales sécrétions végétales. On ne connait en aucune façon les lois physiologiques qui président à la formation de chacune d'elles.

ARTICLE VI.

Excrétions.

En même temps que les principes immédiats énumérés plus haut se forment, plusieurs d'entre eux sont rejetées au dehors sous forme d'excrétions de diverses nature. Le plus souvent ce sont des sucres, des gommes, des résines ou de la cire. On a cru aussi que les racines rejetaient elles-mêmes différents principes, lesquels auraient pu être absorbés par d'autres plantes. D'après certains agriculteurs le système de rotation des récoltes reposerait en partie sur ce fait.

ARTICLE VII.

Assimilation.

Le rôle principal de la sève élaborée n'est pas tant de fournir la matière première aux sécrétions et excrétions végétales que de nourrir et d'augmenter les tissus proprement dits de la plante. Les divers organes élémentaires baignés par le cambium se l'assimilent, c'est-à-dire le changent en leur propre nature. C'est ainsi que se forment entre autres la membrane cellulaire et le ligneux qui incruste les fibres.

ARTICLE VIII.

Origine des éléments qui constituent les différents tissus des plantes.

Le carbone provient exclusivement de l'acide carbonique que contient l'air atmosphérique. L'oxygène est fourni en partie par l'acide carbonique, en partie par l'eau. L'hydrogène vient également de l'eau ainsi que des matières amonicales absorbées et décomposées par les plantes. Quant à l'azote plusieurs plantes le prennent directement dans l'air, au moins en grande partie, d'autres le reçoivent des engrais azotés que renferme le sol. Les légumineuses, en général, se rangent dans la première catégorie et les céréales dans la seconde. Il est facile de comprendre alors pourquoi les premières sont dites *fertilisantes* et les secondes *épuisantes*.

Les plantes contiennent encore un bon nombre de

matières minérales qui sont absolument nécessaires à leur croissance. Il est donc très important de connaître quels sont les sels minéraux absorbés par telle ou telle plante en particulier, afin de lui donner un engrais convenable. Ces substances, elles doivent les trouver toutes préparées dans le sol, et elles ne peuvent que les absorber et se les assimiler.

Cependant le rôle des sels minéraux dans les plantes et les modifications qu'ils y subissent sont loin d'être connus. Il n'est pas rare de rencontrer des membranes cellulaires, paraissant parfaitement limpides et homogènes au microscope, qui cependant sont tellement pénétrées de silice ou d'autres substances minérales, qu'après la combustion, les cendres gardent exactement la forme de la cellule primitive. Dans quel état se trouve la silice par rapport à la cellulose de ces membranes cellulaires? —Il est impossible de le dire.

Article IX.

Accroissement en largeur des tiges dicotylédonées ligneuses.

Les tiges *ligneuses* augmentent chaque année en largeur et en hauteur. C'est que la nutrition sert non seulement à entretenir les organes des plantes dans leur état primitif mais encore à augmenter leur volume. L'accroissement en largeur des tiges dicotylédonées ligneuses est presque exclusivement le résultat de la formation d'une couche de bois à la périphérie, en dehors de l'aubier. La sève élaborée,

qui descend des feuilles, se répand surtout entre le bois et l'écorce. Or elle ne tarde pas à s'organiser, le cambium cesse d'être homogène, on y voit apparaître bientôt des cavités cellulaires qui augmentent, se multiplient et forment un véritable tissu organisé. D'abord ce tissu est très lâche, et, comme il est encore gorgé de sève, il se déchire facilement. Voilà pourquoi il est si facile, le printemps, de séparer le bois de l'écorce, alors que la zône génératrice est à peine formée. Peu à peu, les cellules se modifient, se changent en vaisseaux et en fibres, le bois véritable se produit et l'écorce finit par adhérer plus fortement à la tige. L'épaisseur de cette formation ligneuse varie proportionnellement à la quantité de sève. Ainsi elle passe d'un maximum, au printemps, à un minimum l'automne. L'hiver la végétation est sensiblement nulle. Et comme, à l'automne, les sucs sont moins abondants, les fibres sont plus serrées, plus colorées, plus dures que celles du printemps. Voilà pourquoi chaque âge du bois présente une zône pâle, l'intérieure, et une zône foncée, l'extérieure.

De là il suit encore qu'il est facile de connaître l'âge d'une tige en comptant le nombre de zônes que présente une section transversale faite tout à fait à la base.

Dans cette organisation du cambium, les cellules en contact avec les rayons médullaires restent à l'état de cellules et servent à prolonger ces rayons dans la nouvelle couche ligneuse.

Pendant que se forme ainsi une nouvelle couche d'aubier, la plus ancienne des couches de cette for-

mation passe à l'état de duramen et un nouveau feuillet de liber s'ajoute à l'intérieur de l'écorce. Ce mode de développement par l'extérieur des tiges dicotylédonées ligneuses les fait souvent désigner par le qualificatif d'*exogènes.*

Accroissement en hauteur.—Les tiges portent toujours à leur extrémité un bourgeon terminal. C'est le développement de ce dernier qui produit l'accroissement en hauteur. Il en résulte que ces tiges se composent en réalité de cônes ramifiés, excessivement aigus et emboîtés les uns dans les autres. Si le bourgeon terminal avorte, l'accroissement ne se fera plus que latéralement et l'allure des tiges en sera considérablement modifiée. C'est l'avortement des bourgeons latéraux qui cause l'existence des troncs simples, plus ou moins longs, de la plupart de nos arbres ; un développement régulier et constant des bourgeons produirait nécessairement des ramifications dès la base.

Accroissement des tiges monocotylédonées ligneuses.— Durant de longues années, ces tiges sont courtes et aplaties, ressemblant assez aux plateaux des bulbes. Elles portent une touffe de feuilles et un seul bourgeon terminal, lequel a toujours un volume énorme. *Au centre* de ce bourgeon se forment incessamment de nouvelles feuilles qui rejettent les anciennes au dehors de sorte que c'est le développement de ce bourgeon qui produit à la fois l'accroissement en largeur et en hauteur des tiges, et comme ce développement est continu, il est impossible de trouver dans les tiges qui en résultent la trace de couches

concentriques. On n'y voit qu'une masse de cellules traversée par des faisceaux fibreux qui correspondent aux nervures des feuilles. Ces faisceaux fibro-ligneux semblent originer de la partie centrale des tiges, aussi les végétaux monocotylédonés ligneux sont-ils souvent appelés végétaux *endogènes.*

Quand aux tiges acotylédonées, leur mode de croissance ressemblent assez à celui que nous venons de décrire. Cependant l'accroissement en hauteur semble résulter de la superposition de disques qui seraient empilés les uns sur les autres, et l'accroissement en largeur est à peu près insensible. De là le qualificatif d'*acrogènes* qu'on leur donne quelquefois.

CHAPITRE DEUXIEME.

Fécondation.

La fécondation est l'acte par lequel les grains de pollen, venant en contact avec l'ovule, déterminent dans ce dernier la formation de l'embryon.

La fécondation se produit toujours au moment de l'épanouissement de la fleur ou peu de temps après. On voit alors les anthères s'ouvrir et le pollen être projeté sur le stigmate du pistil. Le liquide mucilagineux qui recouvre le stigmate le retient à sa surface et assure ainsi la fécondation. Les insectes qui viennent butiner sur les fleurs contribuent encore

pour une large part à la pollinisation, d'autant plus qu'ils peuvent transporter le pollen d'un individu à un autre et cela, à des distances considérables. Il est donc évident que toute cause qui enlèvera le pollen des fleurs, comme une pluie battante ou un vent violent, ou qui desséchera le stigmate du pistil, empêchera la fécondation et par suite le développement de la graine et du fruit.

Le grain de pollen, en contact avec le liquide du stigmate l'absorbe ; bientôt se produit la hernie du boyau pollinique et dans ce dernier on voit remuer les granules de la fovilla. Ce boyau s'insinue entre les cellules du stigmate, gagne l'axe du style où il rencontre le tissu conducteur tout gorgé de sucs nutritifs. Peu à peu il s'allonge en se nourrissant toujours aux dépens du tissu conducteur. Il arrive ainsi à la cavité ovarienne, y pénètre et gagne le sommet de l'ovule. C'est par le micropyle qu'il traverse les membranes de ce dernier et qu'il pénètre jusqu'au sommet organique du nucelle avec lequel il se soude intimement. Alors se produit, par endosmose, le mélange de la fovilla et du protoplasma de la vésicule embryonnaire, ce qui détermine l'organisation définitive de cette dernière. Elle se segmente, se multiplie, et l'embryon acquiert peu à peu la structure qu'il aura dans la graine mûre.

La fécondation est terminée. Toutes les parties de la fleur, à part l'ovaire, se flétrissent et disparaissent ; l'ovaire au contraire augmente de volume et forme le fruit, tandis que les ovules fécondées se changent en graines. La graine, voilà le but de tous les actes vitaux de la plante.

Les boyaux polliniques mettent un temps plus ou moins long à parcourir l'espace qui sépare le stigmate des ovules. Dans le glaïeul, il leur faut trois jours, dans d'autres fleurs quelques heures suffisent.

Hybridation.—Il est possible de féconder une espèce par le pollen d'un autre. On produit ainsi des hybrides dont les caractères tiennent à la fois des deux espèces qui leur ont donné naissance. Mais ces plantes, comme les hybrides animaux, n'ont pas cette persistance de caractères qui existe dans l'espèce. Ils sont le plus souvent stériles, où s'ils se reproduisent, ils retournent d'eux-mêmes, après quelques générations, à l'un des types primitifs. Il n'y a que des soins entendus et incessants qui puissent les maintenir.

CHAPITRE TROISIEME.

Germination.

La germination est la série de phénomènes que présente une graine pour que son embryon développe un nouvel individu. Pour qu'une graine puisse germer il faut qu'elle renferme un embryon bien formé et qu'elle soit assez récente. Cependant la persistance de la vitalité dans le germe est très va-

riable. En général les graines, oléagineuses conservent peu longtemps leurs facultés germinatives.

La germination de plus ne se produit qu'avec le concours de divers agents extérieurs qui sont surtout l'eau, l'air et la chaleur.

L'eau ramollit les enveloppes de la graine, dissout les matières solubles qu'elle renferme, et pénètre ainsi enrichie dans l'embryon pour en déterminer le développement initial. C'est surtout la radicule de l'embryon qui absorbe cette sève primordiale. Cet organe prélude ainsi au rôle qu'il jouera plus tard.

L'air est encore nécessaire à la germination. Les graines trop enfoncées ne germent pas. Le contact de l'air détermine dans les tissus nutritifs de la graine certains changements chimiques qui les transforment en aliments pour l'embryon ; des deux gaz qui composent l'air, l'oxygène seul joue le rôle transformateur. Des graines plongées dans l'azote ne germent pas.

Enfin un certain degré de chaleur est également indispensable. Au-dessous de 0°, toute végétation s'arrête et au-dessus de 50° centigrade, les plantes se dessèchent. La température la plus favorable est la moyenne entre ces deux limites.

Phénomènes généraux de la germination.—L'épisperme se ramollit, puis se déchire pour laisser sortir la radicule qui se dirige immédiatement vers l'intérieur du sol ; la tigelle et la gemmule montent au contraire vers la surface, entraînant avec eux les cotylédons, du moins chez les plantes dicotylédonées. Ce sont les deux premières feuilles qui appa-

raissent au dehors et qui se flétrissent peu à peu en se dépensant pour nourrir la jeune plante jusqu'à ce que les racines soient capables de réaliser une absorption suffisante, *a*, *b*, *c* fig. 208. Chez les plantes



Fig. 208.

monocotylédonées, le cotylédon reste dans le sol. Il sort à demi de l'épisperme, puis se fend pour donner passage à la gemmule, *d*, *e* fig. 208.

Le temps nécessaire à la germination varie d'une graine à l'autre. Il est surtout en rapport avec la consistance de l'épisperme.

Germination des spores des acotylédones.—" On s'est assuré, dit l'abbé Moyen, que les spores des fougères tombées sur le sol, donnent naissance à un petit végétal de durée très éphémère, qu'on appelle le *pro-*

Fig. 208.—Diverses phases de la germination : *a* apparition de la radicule ; *b* la tigelle et les cotylédons commencent leur mouvement ascendant ; *c* embryon complet ; *d, e* germination des graines monocotylédonées.

thallium. Sur ce dernier apparaissent deux sortes d'organes : les *anthéridies* analogues aux étamines et les *archégones* analogues aux ovaires.

“ Des anthéridies on voit s'échapper de petits filaments animés de mouvements rapides qui les feraient prendre pour des animalcules ; ce sont les *anthérozoïdes.* Ces filaments finissent par se fixer sur d'autres corpuscules enfermés dans les archégones et la fécondation est alors opérée. Après cette série d'actes le prothallium disparaît et les archégones donnent naissance à de nouvelles fougères.”

On a observé des phénomènes analogues dans les prêles et quelques autres acotylédones.

LIVRE QUATRIÈME.

TAXONOMIE.

De tout temps on a essayé de partager le nombre immense des différentes plantes en certains groupes caractérisés d'une manière plus ou moins naturelle. C'était faire de la taxonomie ou de la classification botanique.

Classification empirique et systématique.—Toutes les classifications quelles qu'elles soient, peuvent se faire soit à l'aide de caractères étrangers aux objets que l'on classe, soit à l'aide de caractères tirés de la constitution et de la nature même de ces objets. Dans le premier cas, la classification est dite *empirique*, dans le second *systématique*. Ce serait faire une classification empirique des plantes que de les distribuer d'après l'ordre alphabétique de leurs noms. Au contraire, grouper les plantes d'après la ressemblance ou la dissemblance d'un ou de plusieurs de leurs organes serait une classification systématique.

Il va sans dire que la classification empirique n'a aucune valeur scientifique, la classification systématique est la seule employée.

Système et méthode.—A son tour, cette classification se présente sous deux aspects. Ou bien les caractères distinctifs sont tirés de l'examen d'un seul organe, ou bien ils sont fournis par l'ensemble de l'organisation des plantes. Dans le premier cas c'est un *système* et dans le second une *méthode.*

Il suit de là qu'il est bien plus facile de classer les plantes en suivant un système qu'une méthode ; mais, en revanche, une fois la classification faite, on ne connaît rien ou presque rien sur les caractères spécifiques de la plante étudiée. Ainsi, dire qu'une plante appartient à la *pentandrie,* classe du système de Linnée, c'est dire tout simplement que ses fleurs ont cinq étamines. D'un autre côté, comme le classement d'après une méthode exige l'étude détaillée des différents organes des plantes, il est plus difficile à faire ; mais une fois qu'on y est arrivé, on connaît à peu près complètement les grandes lignes de l'organisation des végétaux. Quant on est certain, par exemple, qu'une plante est de la famille des *crucifères,* famille de la méthode de de Jussieu, on sait que son embryon est dicotylédoné, qu'elle a des fleurs complètes, des feuilles alternes et sans stipules, des étamines tétradynames et pour fruit une silique ou une silicule, car chacune de ces données est entrée dans la formation des caractères du groupe appelé *crucifère.*

Espèce.—Dans toute classification, les divisions sont loin d'avoir la même étendue. La division la plus restreinte porte le nom d'*espèce.* On peut définir l'espèce : l'ensemble des individus qui se res-

semblent tellement qu'on peut les regarder comme issus d'une même plante primitive. Des variations de formes peuvent se produire soit accidentellement, soit par la culture ou par l'hybridation ; mais les *variétés* ou les *races* qui en résultent sont loin d'avoir les caractères de fixité que présentent les espèces.

Genre.—Les espèces qui se ressemblent davantage se réunissent ensemble pour constituer un *genre.*

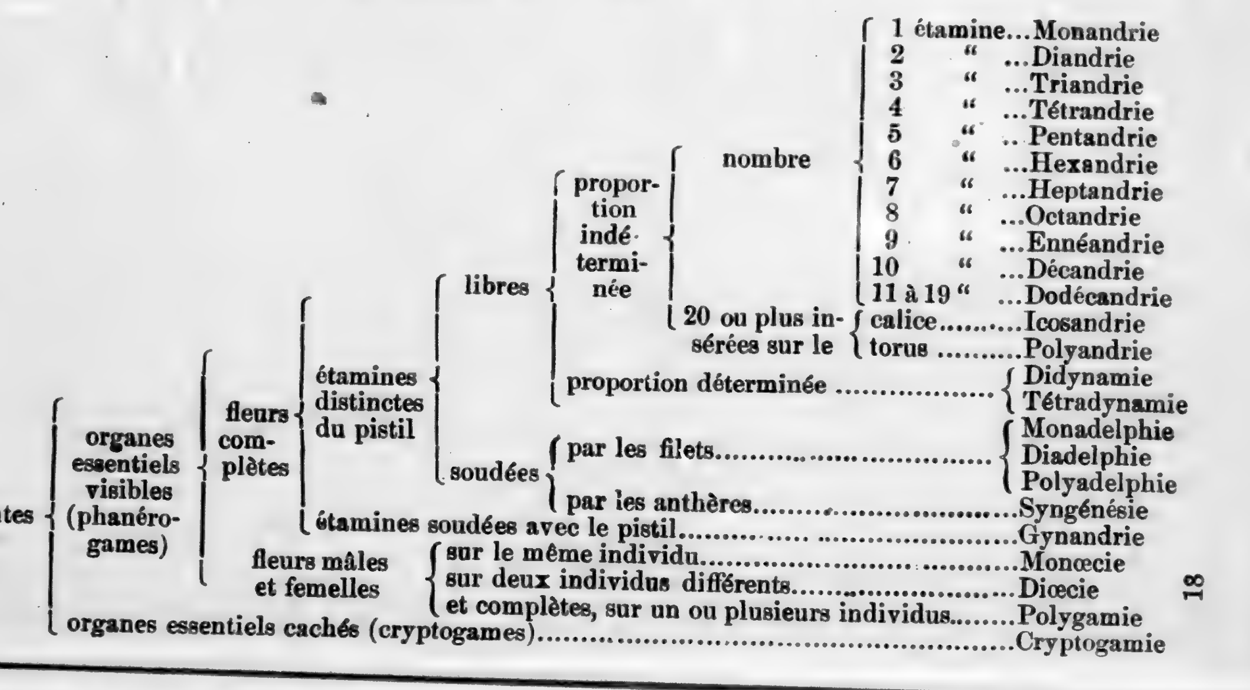
Depuis Linnée, qui a créé la nomenclature botanique, le nom des plantes se compose de deux mots latins, un substantif qui est le nom du genre, et un adjectif qui est le nom de l'espèce. Ainsi le *Quercus robur*, le *Quercus rubra*, le *Quercus suber* constituent trois espèces du genre chêne.

Les genres se groupent ensemble pour former des divisions d'ordre supérieur qu'on appelle *ordres, familles* et *classes.*

Système de Linnée.—Le système de Linnée renferme 24 classes dont les caractères sont tirés uniquement de l'étude des organes de reproduction, étamines et pistil.

Il partage d'abord les plantes en deux grandes classes, les plantes à fleurs visibles ou les *phanérogames* et les plantes à organes de reproduction invisibles ou les *cryptogames.* Le premier groupe se subdivise en 23 classes dont le tableau de la page 409 fera facilement connaître les caractères distinctifs.

SYSTEME DE LINNÉE



MÉTHODE DES FAMILLES NATURELLES

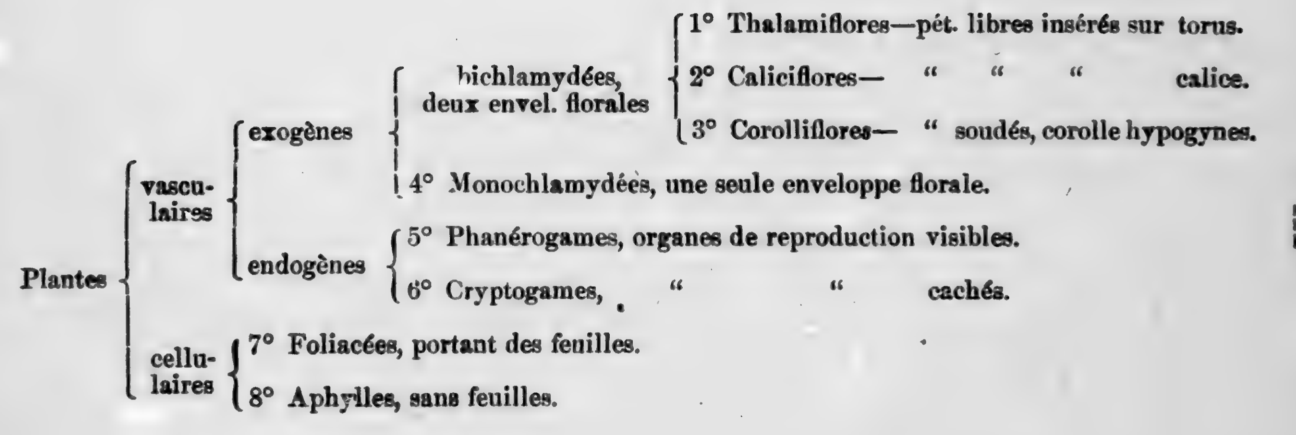
Plantes	Acotylédonées					Acotylédonie
	Monocotylédonées		étamines	hypogynes		Monohypogynie
				périgynes		Monopérigynie
				épigynes		Monoépigynie
	Dicotylédonées	apétales / apétalie	étamines	épigynes		Epistaminie
				périgynes		Péristaminie
				hypogynes		Hypostaminie
		monopétales / monopétalie	corolle	hypogynes		Hypocorollie
				périgynes		Péricorolie
				épigynes	épicorollie..anthères réunies	Synanthérie
					épicorollie..anthères distinctes	Corysanthérie
		polypétales / polypétalie	étamines	épigynes		Epipétalie
				hypogynes		Hypopétalie
				périgynes		Péripétalie
		diclines				Diclinie

Méthode des familles naturelles, ses avantages, nombre de classes qu'elle renferme.—Ses principaux avantages sont de grouper ensemble les plantes qui se ressemblent le plus. C'est précisément cela qui la fit entrevoir par Linnée lui-même, puis créer par Bernard de Jussieu et définitivement établir par Antoine-Laurent de Jussieu, en 1789.

Dans cette méthode on tient un grand compte de la stabilité, de l'invariabilité de certaines particularités de structure des plantes. Et c'est, non pas en comptant les caractères spécifiques, mais plutôt en les pesant, que A. de Jussieu établit cette admirable méthode. Ce botaniste a crée 15 classes dont les caractères multiples sont tirés de l'étude de plusieurs organes, voir page 410. C'est dans ces 15 classes qu'il a ensuite distribué les familles naturelles proprement dites.

Dans la méthode de de Jussieu l'étude des végétaux commence par les espèces les plus inférieures qui offrent toujours une grande difficulté aux novices. De Candolle l'a modifiée de manière à commencer par l'analyse des plantes les plus parfaites et les plus faciles. La méthode de de Candolle ne renferme que 8 classes.

Le tableau de la page suivante les contient toutes avec leurs caractères distinctifs.



Plantes	vasculaires	exogènes	hichlamydées, deux envel. florales	1° Thalamiflores—pét. libres insérés sur torus.
				2° Caliciflores— " " " calice.
				3° Corolliflores— " soudés, corolle hypogynes.
			4° Monochlamydées, une seule enveloppe florale.	
		endogènes	5° Phanérogames, organes de reproduction visibles.	
			6° Cryptogames, " " cachés.	
	cellulaires	7° Foliacées, portant des feuilles.		
		8° Aphylles, sans feuilles.		

Après une étude sérieuse de ces généralités sur la botanique, on pourra facilement trouver le nom des différentes plantes. Il suffira de se servir des excellentes flores de M. l'abbé Provancher et de l'abbé Moyen, qui complètent merveilleusement les données que nous avons dû forcément abréger dans ces quelques notes sur l'organographie et la physiologie végétales.

D. O. M.

E
E

E
C
A
C
D
M
S
M
L
C
G
D
St
E
St
N
Pi
M

TABLE DES MATIÈRES.

MINÉRALOGIE.

MINÉRALOGIE PHYSIQUE.

MINÉRALOGIE CHIMIQUE.

CLASSIFICATION.

GEOLOGIE.

GÉOLOGIE PHYSIOGRAPHIQUE.

GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

GÉOLOGIE HISTORIQUE.

BOTANIQUE.

HISTOLOGIE VÉGÉTAL.

ORGANOGRAPHIE VÉGÉTALE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

TAXONOMIE.

TABLE GÉNÉRALE

DES ESPÈCES ET DES VARIÉTÉS MINÉRALES DÉCRITES DANS CET OUVRAGE.

A

B

C

M

N

O

P

Q

R

S

5631 X3 C

246